

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THIAGO PEREIRA RIBEIRO

**REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA  
FRANGOS**

CURITIBA

2012

THIAGO PEREIRA RIBEIRO

**REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA  
FRANGOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Nutrição e Alimentação Animal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.

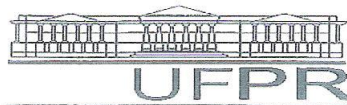
Orientador: Prof. Dr. Fabiano Dahlke

Co-Orientador: Prof. Dr. Alex Maiorka

CURITIBA

2012

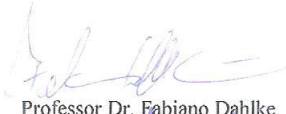
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

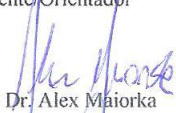


PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada “**REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS**” apresentada pelo Mestrando **THIAGO PEREIRA RIBEIRO** declara ante os méritos demonstrados pelo Candidato, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09-CEPE/UFPR, que considerou o candidato APTO para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

Curitiba, 19 de dezembro de 2012

  
Professor Dr. Fabiano Dahlke  
Presidente/Orientador

  
Professor Dr. Alex Maiorka  
Membro

  
Professor Dr. Alexandre Oba  
Membro

Dedico:

Aos meus pais, Robson Nazareno Ribeiro da Silva e Marasilvia  
Pereira Ribeiro, à minha irmã Aline Pereira Ribeiro e a minha avó  
paterna, Maria Jacy Andrade.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por sempre estar presente comigo me levando a bons caminhos.

Aos meus pais, Robson e Marasilvia, minha irmã Aline, pelo frequente apoio em tudo o que faço, pelo amor e por estar sempre presente na minha vida.

A minha avó Paterna, Maria Jacy, minha segunda mãe e alfabetizadora.

Aos meus orientadores, Fabiano Dahlke, Alex Maiorka pela amizade, ensinamentos e pela simplicidade com que eu sempre fui tratado.

Ao professor Marson Warpechowski pela indicação a esse grupo e pesquisa.

As fortes amizades que fiz durante a minha estadia em Curitiba, isso é crucial para a adaptação em uma nova cidade.

Aos estagiários, colegas de pós-graduação e amigos do LEPNAN.... Andréia M., Carlos C., Chayane da R., Jean F., Jean N., Juliana P., Lucas B., Ronan O., Stefani De Bettio, Vinícius S. , foram muitas risadas trabalhando com essa equipe, são pessoas muito competentes e divertidas... Amizades que vou levar pra vida toda...

Também ao pessoal do LENUCAN pelo apoio sempre que precisamos.

Em especial aos amigos Ivânio Bueno e Diego Surek que me acompanharam durante todo o momento, tanto na parte de campo quanto nos dados, verdadeiros orientadores com os quais aprendi muito.

Ao Laboratório de Nutrição Animal, Cleusa, Hair, Aldo, Marcelo, Ruy e estagiários.

A todos, muito obrigado!

“Saber onde encontrar a informação e como usá-la é o segredo para o sucesso”

(Albert Einstein)

# **REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS**

## **RESUMO**

A dieta dos frangos de corte é baseada na mistura de ingredientes vegetais, que apresentam uma quantidade significativa de fitato, um composto anti-nutricional que indisponibiliza uma série de nutrientes, dentre eles o fósforo, causando a necessidade de suplementação de fontes inorgânicas do mineral, geralmente realizada através do fosfato bicálcico, o que aumenta os custos totais de produção. Como a fitase é uma enzima reconhecida por hidrolisar parte do fitato, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a redução dos níveis de fósforo disponível (Pd) nas rações para frangos, suplementando a enzima fitase. Foram realizados dois experimentos. No primeiro, 792 frangos da linhagem Ross, criados de 1 a 41 dias de idade, foram distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso com quatro tratamentos e nove repetições de 22 aves por unidade experimental. Os tratamentos constituíram: T1 - controle positivo (níveis nutricionais recomendados por ROSTAGNO et al. 2011); T2 - controle negativo com redução de 0,15 pontos percentuais de Pd; T3 - redução de 0,15 pontos percentuais de Pd e com a inclusão de 1000 FYT de fitase; T4 - é o T3 até 21 dias de idade e após essa idade, uma dieta com reduções de 0,31 e 0,25 pontos percentuais de Pd nas fases de 22 a 35 dias e 36 a 41 dias de idade (0,11% de Pd suplementado), respectivamente, mais a inclusão de 4000 FYT de fitase. Foram avaliados o desempenho zootécnico e as características ósseas da tíbia dos frangos ao final do experimento. A inclusão de 4000 FYT de fitase, com reduções de 0,31 e 0,25 pontos percentuais de Pd nas fases de 22 a 35 dias e 36 a 41 dias de idade foi suficiente para manter desempenho zootécnico semelhante a uma dieta com níveis recomendados pela literatura sem afetar as características ósseas. No segundo ensaio, foram utilizados 660 frangos de corte da linhagem Cobb 500 avaliados de 22 a 42 dias de idade. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso com cinco tratamentos, e 6 repetições de 22 aves. Os tratamentos empregados consistiram em rações com diferentes níveis de Pd: 0,10, 0,17, 0,24, 0,31 e 0,38%. Em todas as rações foi

adicionado 1000 FYT da enzima fitase. Foram avaliados o desempenho zootécnico, características ósseas da tíbia dos frangos e a digestibilidade ileal aparente do cálcio e do fósforo. Na dieta com 0,24% de Pd a inclusão de 1000 FYT de fitase, foi suficiente para manter o desempenho zootécnico sem afetar as características ósseas. Verifica-se na presente dissertação que, com uma restrição maior de Pd (0,31 e 0,25 pontos percentuais) a qual resultou em uma suplementação de 0,11% de Pd entre 22 e 41 dias de idade, é necessária uma quantidade maior de enzima (4000 FYT) para não comprometer a produtividade das aves, já quando se utiliza a enzima seguindo a recomendação do fabricante (1000 FYT), há uma necessidade maior de suplementação de Pd (0,24%).

Palavras-chave: ácido fítico, enzimas exógenas; fontes inorgânicas de fósforo.

## **REDUCTION OF AVAILABLE PHOSPHORUS LEVELS IN BROILERS DIETS**

### **ABSTRACT**

The diet of broilers is based on a mixture of vegetable ingredients, which have a significant amount of phytate, an anti-nutritional that turns a series of nutrients unavailable, including phosphorus, causing the need for supplemental inorganic sources of mineral, usually performed using dicalcium phosphate, which increases the total costs of production. As Phytase is an enzyme recognized by hydrolyzing phytate, part of the present study was to evaluate the reduction in the levels of available phosphorus (Ap) in feed for chickens, supplementing the enzyme phytase. Two experiments were conducted. In the first one, 792 Ross broilers, raised from 1 to 41 days of age, were distributed in a completely randomized design with four treatments and nine replicates of 22 birds each. The treatments were: T1 - positive control (nutritional levels recommended by Rostagno et al. 2011); T2 - negative control with a reduction of 0.15 percentage dots of Ap; T3 - reduction of 0.15 percentage dots of Ap with the inclusion of 1000 FYT phytase; T4 - T3 is up to 21 days of age and thereafter, a diet with reductions of 0.31 and 0.25 percentage dots of



Ap stages 22-35 days and 36-42 days of age (0.11% of Ap supplemented), respectively, over the addition of 4000 FYT phytase. We evaluated the performance and tibial bone characteristics of broilers at the end of the experiment. The inclusion of 4000 FYT phytase, with reductions of 0.31 and 0.25 percentage points of Ap in the 22-35 and 36-42 days of age was sufficient to maintain growth performance similar to a diet with levels recommended by literature without affecting bone characteristics. In the second test, were used 660 Cobb 500 broilers assessed 22 to 42 d. The experimental design was completely randomized with five treatments and 6 replicates of 22 birds. The treatments consisted of diets with different levels of Ap: 0.10, 0.17, 0.24, 0.31 and 0.38%. In all diets was added 1000 FYT of the phytase enzyme. We evaluated the performance, tibial bone characteristics of broilers and apparent ileal digestibility of calcium and phosphorus. In the diet with 0.24% Ap inclusion of 1000 FYT phytase was sufficient to maintain growth performance without affecting bone characteristics. It appears that in this dissertation, with a greater restriction of Ap (0.31 and 0.25%) which resulted in a supplementation of 0.11% Ap between 22 and 41 days of age is required a larger amount of enzyme (4000 FYT) for not compromising poultry productivity, since when using the enzyme following the manufacturer's recommendation (1000 FYT), there is a greater need for supplementation Ap (0.24%).

Keywords: exogenous enzymes, inorganic source of phosphorus, phytic acid

.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

**Figura 1** – Molécula de ácido fítico.....28

**Figura 2** – Liberação do fosfato a partir de fitina pela enzima fitase.....29

### CAPÍTULO III

**Figura 1** – Consumo de ração (kg) de frangos de corte de 22 aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.....67

**Figura 2** – Ganho de peso (kg) de frangos de corte de 22 aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.....69

**Figura 3** – Conversão alimentar de frangos de corte de 22 aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.....71

**Figura 4** – Consumo de fósforo disponível (kg) de frangos de corte de 22 aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.....72

**Figura 5** – Consumo de fósforo disponível (kg) de frangos de corte de 22 aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.....73

**Figura 6** – Teores de cálcio da tíbia de frangos de corte de aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.....74

**Figura 7** – Teores de fósforo da tíbia de frangos de corte de aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.....74

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO III

- Figura 8** – Resistência óssea da tíbia de frangos de corte de aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.....75
- Figura 9** – Coeficiente de digestibilidade do cálcio de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.....77
- Figura 10** – Coeficiente de digestibilidade do fósforo de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível. ....77

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

- Tabela 1** - Composição Nutricional das Dietas com Redução dos Níveis de Fósforo Disponível para Frangos de Corte com Idade entre 1 e 41 dias de idade.....43
- Tabela 2** - Composição Química Calculada das Dietas com Redução dos Níveis de Fósforo Disponível para Frangos de Corte com Idade entre 1 e 41 dias.....44
- Tabela 3** - Composição Química Analisada das Dietas com Redução dos Níveis de Fósforo Disponível para Frangos de Corte com Idade entre 1 e 41 dias de idade...45
- Tabela 4** - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte, avaliado aos 41 dias de idade.....46
- Tabela 5** - Resistência óssea (RO), teor de resíduo mineral (RM), teor de cálcio (Ca) e teor de fósforo (P) da tíbia de frangos de corte, avaliado aos 41 dias de idade....49

### CAPÍTULO III

- Tabela 1** - Composição Nutricional Calculada e Analisada das Dietas com Diferentes Níveis de Fósforo Disponível para Frangos de Corte com Idade entre 22 e 42 dias de idade.....62
- Tabela 2** – Consumo de ração, ganho de peso, índice de conversão alimentar, consumo de fósforo disponível, resistência óssea, teor de resíduo mineral, teor de cálcio e fósforo da tíbia, coeficiente de digestibilidade ileal do cálcio (CDCa) e do fósforo (CDP) de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fósforo disponível e fitase.....63

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

® - Registrado

°C - Graus Celsius

% - Porcentagem

= Igual

< Menor

> Maior

± Mais ou Menos

AOAC - Association of Official Analytical Chemists

ATP - Adenosina tri-fosfato

Ca - Cálcio

CA - Conversão Alimentar

CD - Coeficiente de digestibilidade

CIA - Cinza insolúvel ácida

Cm - Centímetros

CPd - Consumo de fósforo disponível

CR - Consumo de Ração

d - Dias

FTU - Unidade de medida de fitase

FYT - Unidade de medida de fitase

FI - Fator de indigestibilidade

g - Gramas

GP - Ganho de Peso

Kcal - Quilo Calorias

kg - Quilograma

kgf - Quilograma Força

MS - Matéria Seca

mL - mililitro

m<sup>2</sup> - Metro quadrado

mEq – Milequivalente

nM – Nanômetro

Pd - Fósforo Disponível

pH - Potencial hidrogênioônico

ppm - partes por milhão

PTH - Paratormônio

RM - Resíduo Mineral

RO - Resistência Óssea

T - Tratamento

T3 - triiodotironina

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	16
1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 CÁLCIO E FÓSFORO NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE ....	18
2.1.1 Formação de Compostos Insolúveis pelo Cálcio .....	20
2.1.2 Níveis de Fósforo Disponível para Frangos .....	22
2.2 CAMA AVIÁRIA E POLUIÇÃO AMBIENTAL.....	24
2.3 FONTES INORGÂNICAS DE FÓSFORO USADAS NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS .....	25
2.4 FITASE.....	27
3 CONSIDERAÇÕES.....	31
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
Capítulo II – REDUÇÃO DO FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS SOBRE O DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E CARACTERÍSTICAS ÓSSEAS UTILIZANDO FITASE .....	38
RESUMO:.....	38
ABSTRACT: .....	39
1 INTRODUÇÃO.....	40
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	46
4 CONCLUSÃO .....	52
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52

Capítulo III – DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS SOBRE O DESEMPENHO ZOOTÉCNICO, CARACTERÍSTICAS ÓSSEAS E DIGESTIBILIDADE ILEAL .....	55
RESUMO:.....	55
ABSTRACT: .....	56
1 INTRODUÇÃO .....	57
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	58
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	63
4 CONCLUSÃO .....	78
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	78
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	822
ANEXOS.....	826

# **CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

## **1 INTRODUÇÃO**

A alimentação de frangos de corte é uma mistura de ingredientes, como grãos vegetais, algumas vezes tendo a inclusão de subprodutos de origem animal como farinha de carne, farinha de vísceras, farinha de penas entre outros, além de fontes lipídicas como o óleo de soja, sais minerais e vitaminas. No entanto, a maior porcentagem de inclusão na ração dessa espécie é normalmente composta por grãos, como o milho e o farelo de soja.

O milho e a soja, apesar de apresentarem características nutricionais favoráveis, possuem alguns nutrientes, como o fósforo (P), parcialmente armazenados de forma indisponível aos animais não ruminantes. Segundo Rostagno et al. (2011), 0,19% do fósforo no milho e 0,34% no farelo de soja, por exemplo, estão na forma de fósforo fítico, um composto de baixa disponibilidade para monogástricos.

Devido a essa baixa disponibilidade do fósforo, é comum a prática da sua suplementação através de fontes inorgânicas, principalmente o fosfato bicálcico, um subproduto das rochas (TEIXEIRA et al., 2005). Com isso, tem-se um aumento nos custos de produção animal, tendo em vista que o fósforo é terceiro composto nutricional mais caro de uma dieta para aves (SILVA, 2008), e também um aumento dos teores de fósforo nas excretas, que pode gerar poluição ambiental, quando grandes quantidades deste mineral atingem principalmente os lençóis freáticos.

Uma alternativa para minimizar a suplementação através de fontes inorgânicas de fósforo é adição, na ração, de enzimas que disponibilizem o fósforo



fítico presente nesses ingredientes vegetais, a enzima fitase, e com isso reduzir a adição de fosfato bicálcico nas dietas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito da redução do fósforo disponível de dietas a base de milho e farelo de soja usando fitase, sobre o desempenho zootécnico, digestibilidade ileal e as características ósseas de frangos de corte.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 CÁLCIO E FÓSFORO NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

Minerais em geral são de grande importância na produção animal, pois agem como componentes estruturais dos órgãos e tecidos como o esqueleto, constituindo fluidos corporais e tecidos, como eletrólitos, além de serem catalisadores enzimáticos (McDOWELL, 1992).

O cálcio (Ca) e o fósforo (P) possuem papel fundamental na avicultura, seja por sua grande participação na formação óssea que dará sustentação a ave ou atuando significativamente no metabolismo em diversas funções. O fósforo, ainda participa da formação de membranas celulares, é componente dos ácidos nucleicos envolvidos no crescimento e na diferenciação celular, sendo essencial para utilização e transferência de energia (ATP), e tem participação no controle do apetite e eficiência alimentar (RUNHO et al., 2001). Já o Ca no meio intracelular é um importante segundo mensageiro e regulador de processos celulares, e no meio extracelular regula a excitabilidade neuronal (VIEIRA, 2009).

É sabida a importância do Ca e P para o desenvolvimento das aves, principalmente nas fases iniciais, pois as aves estão em crescimento. Quando fornecidos em níveis insuficientes tanto para o crescimento ósseo, quanto para as funções biológicas do organismo e produtivas, os prejuízos dificilmente serão corrigidos no decorrer do ciclo produtivo. Além disso, o fato de o aumento de massa corporal ocorrer muito rápido, em virtude do melhoramento genético acentuado, agrava ainda mais a situação. O osso, além de ser um tecido de sustentação, serve como um depósito de Ca e P, que supre as necessidades destes elementos químicos em situações adversas.

Segundo Mcdowell (1992), a concentração de Ca e P no sangue é mantida num limite muito estreito, por ação hormonal que controla a absorção e excreção de Ca, bem como o metabolismo ósseo. Os hormônios calcitonina e paratormônio (PTH) funcionam num relacionamento com a forma ativa da vitamina D, a 1,25 hidroxicolecalciferol (1,25-(OH)<sub>2</sub>D), que controla o nível de Ca e P sanguíneo.

Mcdowell (1992) explica que a vitamina D ativada atua na absorção de Ca e P na luz intestinal, promovendo a síntese de uma proteína carreadora de Ca, e também age na glândula paratireoide, estimulando a liberação do PTH. Baixas concentrações de P estimulam a secreção de PTH, e a síntese da vitamina D via ativação da enzima 1-alfa-hidroxilase presente nos rins, com isso, aumenta-se a absorção de P do lúmen intestinal. Além disso, a vitamina D ativa também age sobre os rins, aumentando a reabsorção de cálcio e fósforo em situações de baixas concentrações destes minerais. Há também ação sobre os ossos, promovendo mobilização de Ca e P pela ativação dos osteoclastos. No metabolismo, o PTH é sensível aos níveis de Ca ou alterações na relação de Ca: P, quando estas ficam reduzidas. Entretanto, a calcitonina possui um efeito oposto ao PTH, agindo na deposição de Ca e P no osso. Sua secreção é dada quando os níveis de Ca e P estão elevados no sangue.

As interações entre a secreção das três substâncias permitem a homeostase dos níveis séricos de P quando o fornecimento dietético de Ca e P estão em níveis próximos aos do requerimento. Alterações severas na dieta por longos períodos podem desencadear processos patológicos graves e perdas de produção.

O Ca, P e outros minerais interagem em uma relação entre si, ou seja, o excesso de um interfere no aproveitamento do outro, principalmente em animais em

crescimento. Atualmente uma relação de 2:1 de cálcio e fósforo é bem difundida, havendo pouca variação (LELIS et al., 2009).

### **2.1.1 Formação de Compostos Insolúveis pelo Cálcio**

O Ca é um nutriente fundamental na nutrição de frangos de corte. Normalmente este mineral é suplementado nas rações por meio de fontes como rochas, conchas e algas calcárias, além de algumas fontes naturais, dentre elas, farinhas de carne, farinhas de ossos entre outros (SÁ et al., 2004). O mineral suplementado por essas vias, geralmente é rapidamente solubilizado pelo proventrículo e moela (KLASING, 1998).

A maior porcentagem solubilizada é absorvida no duodeno e jejuno das aves (HURWITZ & BAR, 1966 citados por VIEIRA, 2009), e, normalmente, essa absorção é realizada por dois mecanismos distintos, o transporte paracelular e o transcelular (HOENDEROP et al., 2001). Na porção do duodeno, quando há alta concentração de cálcio, em torno de 90% do mineral é absorvido via paracelular, quando há baixa, a maior absorção, em torno de 80%, é transcelular. Já no jejuno, a maior absorção é paracelular do que transcelular (KHANAL & NEMERE, 2008).

Segundo Shoulten et al. 2002 o fato de este mineral ser considerado um nutriente com baixa toxidez, além do seu baixo custo, muitas vezes leva os nutricionistas a não se preocuparem com excesso de cálcio nas dietas. No entanto, existem alguns estudos (QIAN et al., 1997; SHOULTEN et al., 2002) evidenciando que o excesso de cálcio nas dietas pode causar efeito adverso sobre outros minerais, tais como o próprio cálcio, fósforo, zinco, manganês, dentre outros. Além disso, a quantidade de cálcio presente nos grãos de cereais utilizado nas dietas para frangos, não é facilmente absorvida, porque muito dele está fortemente ligado nos

grupos fosfatos múltiplos, formando uma fitina, um sal de cálcio, magnésio e zinco, etc, impedindo que esses íons metálicos essenciais sejam absorvidos (PIZZOLANTE et al., 2002), o que favorece o aumento da quantidade suplementada por fontes inorgânicas do mineral.

Segundo QIAN et al. (1997) o cálcio tem influência na mucosa do intestino delgado, minimizando a atividade de fitase suplementada, quando a relação cálcio: fósforo é elevada, fato este que pode ser explicado por três fatores: 1) A utilização do fósforo fítico das dietas a base de milho e farelo de soja para frangos de corte é influenciada pelos níveis de cálcio e fósforo da dieta; 2) a ligação extra entre cálcio e fitase forma um complexo insolúvel, que é menos acessível à fitase; 3) o excesso de cálcio pode suprimir a atividade da fitase competindo por sítios ativos da enzima.

Donato et al. (2009) explica que a alta quantidade de cálcio na dieta, age elevando o pH do ingluvío e íleo, diminuindo a solubilidade dos minerais, além de afetar negativamente a ação da fitase, podendo até anulá-la, causando deficiência de fósforo em rações formuladas com suplementação de fitase.

Qian et al. (1997) encontraram incremento no consumo de ração, ganho de peso, conteúdo de cinzas e retenção de cálcio e fósforo em dietas utilizando fitase, no entanto, isso não ocorreu quando a relação cálcio: fósforo da dieta foi aumentada. Os autores explicam, que possivelmente com o aumento da relação cálcio: fósforo, o cálcio excedente forma compostos insolúveis com o ácido fítico das dietas, prejudicando assim o efeito da fitase.

Os efeitos de uma dieta com quantidades excedentes de cálcio também agem prejudicando a absorção de outros minerais, tais como fósforo (DRIVER et al., 2005), zinco, manganês (SHOULTEN et al., 2002) entre outros, formando soluções precipitadas de sais como  $\text{Ca}_2\text{PO}_4$ , no caso do fósforo.

Conforme o supracitado, há uma série de estudos evidenciando o efeito da quantidade de cálcio, relação cálcio: fósforo sobre o desempenho zootécnico, características ósseas, retenção de minerais entre outros, em dietas para frangos de corte. Entretanto, há uma quantidade limitada de estudos alertando sobre o efeito da concentração desses minerais nas dietas. Driver et al. (2005) apontam que a concentração absoluta de cálcio e fósforo pode ter forte influência no desempenho dessas aves, pois as respostas podem ser otimizadas ou reduzidas, por exemplo, em uma deficiência de fósforo com a mesma relação, mas com diferentes concentrações. No entanto, como este assunto não é muito explorado, novos estudos são necessários.

### **2.1.2 Níveis de Fósforo Disponível para Frangos**

As exigências de fósforo disponível (Pd) vêm sofrendo constantes alterações nos últimos anos, as duas últimas tabelas brasileiras de recomendações nutricionais são um indicativo deste paradigma. Enquanto Rostagno et al. (2005) recomendam 0,45% e 0,39% na fase inicial (1-21 dias) e final (22-42 dias), respectivamente, Rostagno et al. (2011) sugerem 0,42% e 0,33% nas respectivas fases. Entretanto, alguns fatores como a utilização de enzimas, entre outros, podem levar a redução dessas recomendações. Choct (2006) explica que a digestibilidade do P fítico presente nas dietas usadas para aves podem ser aumentadas em torno de 25 a 50-70%, quando se usa fitase diminuindo com isso a suplementação do mineral através de fontes inorgânicas.

Alguns estudos apontam que frangos de corte alimentados com dietas muito próximas das necessidades de Pd nas fases iniciais, podem ter as quantidades do mineral reduzidas nas fases finais sem prejuízos nos índices zootécnicos. Dhandu &

Angel (2003) ao alimentarem frangos entre 32 e 42 dias de idade com 0,20% de Pd não tiveram o desempenho zootécnico reduzido, sugerindo que este nível de suplementação foi possível, porque os animais foram submetidos a dietas com exigência de Pd muito próxima a suas necessidades nas fases iniciais. Os autores também alertam que a demanda é menor em aves mais velhas e que nas fases finais, talvez o foco possa ser mais no ganho de peso dessas aves.

Além disso, a alimentação de frangos com quantidades muito próximas das exigências do mineral pelo animal é uma forma de minimizar os impactos ambientais gerados pela presença de fósforo (P) de suas excretas, o que consequentemente também reduz os custos com sua inclusão na ração (DHANDU & ANGEL, 2003).

O teor de Ca das dietas é outro fator que interfere na quantidade de P suplementada. Atualmente uma relação Ca: P próxima a 2: 1 é bem difundida, havendo pouca variação (LELIS et al., 2009). Santos et al. (2011B) ao alimentarem frangos de corte nas fases de crescimento (22-35 dias) e final (36-42 dias), tiveram o desempenho zootécnico prejudicado quando as quantidades de Ca e P eram muito diferentes de uma relação de 2:1, comprovando os prejuízos quando esta relação não é respeitada. Segundo os autores, os danos podem ser ainda maiores quando os animais estão com idade entre 1 e 21 dias de idade, uma vez que a constituição óssea das aves tem uma demanda maior nessa fase.

O excesso de P nas dietas, assim como níveis marginais do mineral também atuam como agravantes para baixos índices zootécnicos em aves. Gomes et al. (2004) suplementando diferentes quantidades de Pd em dietas para frangos tiveram o ganho de peso e a resistência óssea minimizados com o maior (0,60%) e menor (0,15%) nível de Pd com animais entre 22 e 42 dias de idade.

Contudo, é importante salientar que a determinação das exigências tanto de P disponível, quanto de Ca não deve ser estabelecida apenas com base nos resultados de desempenho, pois é preciso considerar também a adequada mineralização óssea (SANTOS et al., 2011A), normalmente, características ósseas como teores de cinzas da tíbia e resistência óssea são parâmetros mais sensíveis a alterações nas quantidades de minerais suplementadas nas dietas para frangos do que parâmetros de desempenho zootécnico (YAN et al., 2001; DHANDU & ANGEL, 2003), com isso as exigências para o desenvolvimento ósseo são o principal critério para a determinação da quantidade de P suplementado, pois para as demais características a demanda pelo mineral é consideravelmente menor.

## **2.2 CAMA AVIÁRIA E POLUIÇÃO AMBIENTAL**

A cama aviária é um importante insumo utilizado na avicultura, que possui várias funções, como por exemplo, absorver a umidade, diluir as fezes e alguns de seus constituintes, fornecer isolamento térmico e proporcionar uma superfície macia para as aves, evitando a formação de calo no peito, e de lesões no coxim plantar (CARVALHO et al., 2011).

Entretanto, a grande diversidade de compostos orgânicos que constituem a cama aviária faz com que possua um alto valor nutritivo, sendo utilizada frequentemente como fertilizante orgânico na agricultura, favorecendo a reciclagem de nutrientes, como fósforo, potássio e nitrogênio (KELLEHER et al., 2002). No entanto, a utilização indiscriminada da cama na agricultura pode ser prejudicial do ponto de vista ambiental, pois a concentração de fósforo no solo pode ultrapassar o nível máximo necessário ao desenvolvimento das plantas e a capacidade de



adsorção deste mineral pelas partículas do solo se torna saturada, passando a ser lixiviado, alcançando o lençol freático (SEIFFERT, 2000).

Conforme relatado por Kelleher et al. (2002), o uso da cama de aviário como adubo pode levar a um enriquecimento de nutrientes da água, resultando em eutrofização dos mananciais, a disseminação de patógenos, produção de substâncias fitotóxicas, além de poluição do ar e emissões de gases favorecendo o efeito estufa.

Com isso, a utilização de práticas que minimizem as concentrações de compostos com potencial poluente das excretas, como o fósforo, seria uma alternativa interessante do ponto de vista ambiental e produtivo.

## **2.3 FONTES INORGÂNICAS DE FÓSFORO USADAS NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS**

A alimentação de frangos de corte é constituída pela mistura de ingredientes vegetais, que normalmente possuem baixas quantidades de fósforo disponível (Pd) para necessidade do frango, trazendo a necessidade de suplementação do mineral por fontes inorgânicas.

Uma das principais fontes utilizadas como suplementação de fósforo é o fosfato bicálcico, que é proveniente da flotação da rocha finamente moída, normalmente com ácido sulfúrico, resultando em ácido fosfórico, que é desfluorizado e dessulfatado originando o fosfato bicálcico, produto o qual contém baixos teores de flúor e outros contaminantes (TEIXEIRA et al., 2005).

Apesar de ser uma das fontes de fósforo mais utilizada na produção de aves, o fosfato bicálcico representa um custo elevado na produção de rações. Com isso, alguns estudos têm avaliado fontes alternativas para a suplementação de fósforo,

que se destaquem pelo baixo custo, como os fosfatos naturais de rocha (SOUZA, 2004). Entretanto, apesar destes fosfatos naturais de rocha (fosfato de rocha, fosfato de rocha defluorinado, dentre outros) apresentarem custos inferiores ao fosfato bicálcico, eles possuem elevados níveis de flúor, além de outras impurezas, o que tem restringido o seu uso como fonte de fósforo nas rações de aves (GOMES et al., 1993). Além disso, geralmente a disponibilidade do fósforo nestes compostos é mais baixa, implicando no aumento da quantidade adicionada a ração, e, conseqüentemente na ingestão do elemento (SOUZA et al., 2004).

Segundo Bellaver (1995), resultados nem sempre estão sendo favoráveis a suplementação como fontes alternativas de fósforo, pois a literatura apresenta resultados semelhantes no desempenho de aves e suínos alimentados com fosfato bicálcico ou fosfato de rocha, mas também controversos a substituição fosfato bicálcico pelos fosfatos de rocha na alimentação de frangos. Por outro lado, o mesmo autor explica que os fosfatos monoamônio e monocálcico tem demonstrado ser boa fonte de fósforo, sendo semelhante ao fosfato bicálcico, e não causando prejuízos no desempenho zootécnico, muito embora, Queiroz et al. (2008) explicam que fosfatos monocálcicos apresentam também custos elevados, quando comparado com outras fontes utilizadas em dietas para frangos de corte.

Outro fator importante que deve ser levado em consideração na utilização de fontes inorgânicas de P é a biodisponibilidade, que é definida por Duarte et al. (2003) como proporção ou porcentagem do nutriente consumido que pode ser absorvida pelo intestino, tornando-se disponível para uso no metabolismo ou para estocagem nos tecidos animais. A biodisponibilidade pode variar entre as diversas fontes de fósforo, pois a origem do material e o processamento empregado na sua produção industrial são determinantes na caracterização dos fosfatos utilizados na

alimentação animal (QUEIROZ et al., 2008). No entanto, essas diferenças podem ser medidas para comparação entre as fontes no suplemento animal, conforme o relatado por Duarte et al. (2003).

## **2.4 FITASE**

Uma forma de minimizar os custos de produção na avicultura, oriundos da alimentação, é a maximização da utilização dos nutrientes da dieta, incrementando a disponibilidade desses nutrientes. Segundo Silva et al. (2008), o fósforo é o segundo mineral de maior exigência, logo, a utilização deste mineral em quantidades suficientes para o metabolismo das aves, passa a ser interessante do ponto de vista produtivo, em função das diversas funções do fósforo no organismo animal, e ambiental, uma vez que o fósforo é apontado como um dos principais poluentes dos lençóis freáticos.

Os ingredientes de origem vegetal compõem grande parte de uma dieta para frangos de corte. O milho, por exemplo, constitui aproximadamente 60% da ração. No entanto, a maior parte do fósforo desses ingredientes (grãos), está na forma de fitato, também chamado de ácido fítico (Figura 1), um composto de baixa disponibilidade para as aves (HENN, 2002). Normalmente, em torno de 72% do fósforo para o milho e 60% para o farelo de soja, por exemplo, está complexado ao fitato (APPLEGATE & ANGEL, 2002).

Alguns termos como fitato, ácido fítico, mio-inositol, mio-inositol hexafosfato e fitina, são frequentemente utilizados como o mesmo composto anti-nutricional, porém, estes são compostos distintos: mio-inositol hexafosfato, ácido fítico ou fitato, referem-se ao sal misto de ácido fítico; mio-inositol é a forma livre do anel aromático do fitato, sem os grupamentos fosfato; já a fitina refere-se ao complexo mio-inositol

hexafosfato com potássio, magnésio e cálcio, como ocorre nas plantas (SELLE & RAVINDRAN, 2007).

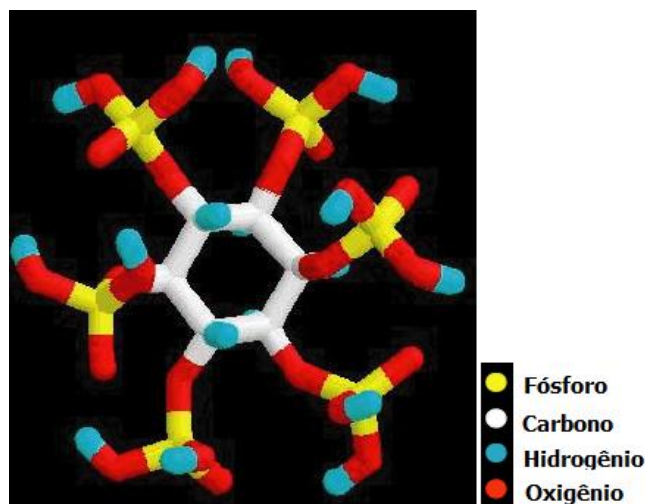


Figura 1 – Molécula de ácido fítico, conhecido por ser a forma predominante de armazenamento de fósforo nas plantas (Adaptado de W. Schmidt-USDA/ARS citado por Applegate & Angel 2002).

Segundo Lacerda (2010), a molécula de ácido fítico, encontra-se complexada com o fósforo e também pode estar com alguns outros minerais, como cálcio, zinco, cobre, ferro, magnésio, alguns aminoácidos, amido, entre outros, reduzindo a digestibilidade e podendo assim prejudicar o desempenho animal (Figura 2).

As aves não possuem em seu sistema digestório enzimas capazes de digerir o ácido fítico o que traz a necessidade da suplementação na ração, da enzima exógena fitase (ROSTAGNO et al., 2011). Esta enzima é produzida industrialmente, a partir de algumas espécies de fungos ou bactérias que hidrolisam as ligações do fitato, tornando os nutrientes mais disponíveis às aves (Figura 2). A fitase estando presente nas dietas diminui a carência de produção endógena da enzima. Outra particularidade da fitase é a sua ação na redução da viscosidade da digesta, no trato gastrointestinal, aumentando a digestibilidade da ração, melhorando o metabolismo

dos nutrientes, e reduzindo a excreção de nitrogênio e fósforo no meio ambiente (LACERDA, 2010).

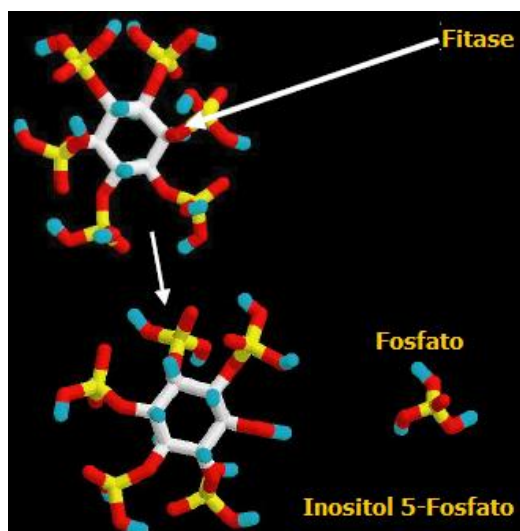


Figura 2 – Liberação do fosfato a partir de fitina pela enzima fitase (adaptado de W. Schmidt- USDA/ARS citado por Applegate & Angel 2002).

A utilização da fitase pode auxiliar na minimização da suplementação de fósforo na forma “inorgânica” que normalmente se dá pela adição de fosfato bicálcico. Por outro lado o efeito da adição enzimática pode diferir em função de sua estabilidade e atividade sobre o fitato, nível de enzima utilizado, nível de nutrientes da ração, concentração de ácido fítico no ingrediente utilizado, entre outros fatores (SANTOS, 2005).

Conte et al. (2003) observaram que a suplementação de fitase (800 a 1200 U/kg) em dietas com 0,18% de Pd pra frangos entre 1 e 21 dias de idade tiveram o mesmo desempenho que as aves que receberam as recomendações nutricionais normais de 0,45% de Pd. Lan et al. (2002) suplementaram dietas deficientes em Pd (0,24% na fase inicial e 0,232% na fase de crescimento) com 0, 250, 500, 750 e 1000 FTU/kg de fitase e observaram que no período total do experimento a suplementação com 250 FTU/kg de fitase foi suficiente para incrementar o ganho de

peso em 14,8%. Esses resultados demonstram a capacidade dessa enzima em disponibilizar P em dietas com níveis reduzidos do mineral.

No entanto, as vantagens da adição de fitase sobre os níveis de P dependem também da concentração de cálcio da dieta. Rosseau et al. (2012) ao alimentarem frangos com idade 21 e 38 dias de idade e diferentes concentrações de Ca e P em dietas suplementando fitase, concluíram que é possível diminuir os níveis de P em dietas finais para frangos se a concentração de P for apropriada, confirmando que as respostas para as variáveis, principalmente parâmetros ósseos, nessa situação variam em função da relação entre esses minerais.

Broz et al. (1994), que avaliaram a restrição total de fosfato bicálcico, fonte inorgânica de fósforo utilizada na dieta de frangos de corte entre 21 e 35 dias de idades em doses crescentes de suplementação de fitase, encontraram melhora no peso vivo das aves e no consumo de ração das aves. Simons et al. (1990) encontraram maior consumo de ração, ganho de peso e eficiência alimentar de frangos recebendo dietas com baixos teores de P e suplementadas com fitase, alertando que as respostas dependeram do nível de fitase utilizada. Com isso, observa-se que o desempenho zootécnico das aves em dietas deficientes em P também é dependente do nível de fitase adicionado.

Santos et al. (2011A) utilizando a fitase fúngica pertencente a classe 6-fitase, e mesmo utilizando diferentes relações Ca:P em dietas iniciais (1-21 dias) para frangos, encontraram efeito positivo da utilização da enzima sobre o desempenho zootécnico e mineralização óssea. Por outro lado, Qian et al. (1997) e Schoultens et al. (2003) concluíram que a fitase pertencente a classe 3-fitase, respondeu de forma satisfatória quando os níveis de Ca e P foram reduzidos mantendo uma relação 2:1, contudo. Conforme pode se observar o efeito da suplementação também varia em

função do tipo de enzima utilizada, uma vez que esses dois tipos de fitases se diferem em estrutura e propriedades físico-químicas, resultando em mecanismos de catálise diferente (VATS & BANERJEE, 2004).

Lelis et al. (2012) reduziram a energia metabolizável, proteína bruta, lisina digestível, Ca e P disponível em dietas para frangos aos 21 e 40 dias de idade e com a suplementação de 250 e 500 FTU/kg os animais mantiveram o mesmo desempenho zootécnico que outros recebendo dietas com as recomendações nutricionais, evidenciando o efeito dessa enzima também sobre o incremento de outros nutrientes.

É evidente o efeito positivo da suplementação de fitase em dietas para frangos, no entanto, são inúmeros os fatores que interferem nas respostas para utilização desse aditivo, conforme pôde se observar. Particularmente, há uma dificuldade encontrada pelos nutricionistas para correlacionar os resultados encontrados na literatura, pois muitas vezes a unidade utilizada para quantificar a utilização não é a mesma entre os diferentes trabalhos, tais como FYT, FTU, PU etc. Normalmente, essas unidades são definidas pelos fabricantes de cada enzima, como a quantidade de fitase que catalisa a liberação de 1 $\mu$ MOL de fósforo inorgânico por minuto a partir de 5,1 nM de fitato de sódio em pH 5,5 a 37°C.

### **3 CONSIDERAÇÕES**

Com o aumento da produção de carne de frango dos últimos anos, tem-se cada vez mais a necessidade de redução dos custos de produção, com o intuito de gerar aumento nas receitas finais, tendo em vista que de forma geral, nas espécies de interesse zootécnico, a alimentação é o maior custo de produção.

A utilização da enzima fitase em dietas para frangos de corte pode ser uma excelente ferramenta utilizada para diminuir os custos de produção, tendo frequentemente bons resultados sobre o desempenho zootécnico, diminuindo principalmente a suplementação inorgânica de fósforo.

No entanto, os benefícios da utilização dessa enzima em dietas com ingredientes vegetais para frangos de corte, parecem depender de uma série de fatores, tais como níveis de cálcio e fósforo utilizado, atividade e concentração da enzima, idade do animal, entre outros. Além disso, o nutricionista precisa levar em consideração uma série de fatores ao utilizar a suplementação da fitase, como por exemplo, o preço dos ingredientes vegetais, de fontes inorgânicas de fósforo, da própria enzima utilizada e também de fontes não vegetais com maior disponibilidade de fósforo, como por exemplo, as farinhas de carne, entre outros fatores. Contudo, na produção atual de frango de corte, a suplementação de fitase tem sido usada frequentemente, gerando resultados favoráveis.

#### **4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Applegate, T.J. & Angel, R. **Phytase: Basics of Enzyme Function**. Farm Animal. Purdue University. West Lafayette, 2002.

BELLAVER, C. **Fontes Não Convencionais de Fósforo na Alimentação de Suínos e Aves**. Circular Técnica, 17. EMBRAPA-CNPSA, 1995.

BROZ, J. et al. **Effects of Supplemental Phytase on Performance and Phosphorus Utilisation in Broiler Chickens Fed a Low Phosphorus Diet Without Addition of Inorganic Phosphates**. Poultry Science. v.35. p.273-280, 1994.



CARVALHO, T. M. R. de et al. **Qualidade da Cama e do Ar em Diferentes Condições de Alojamento de Frangos de Corte.** Pesquisa Brasileira Agropecuária. v.46. n.4. p.351-361, 2011.

CHOCT, M. **Enzymes for Feed Industry: Past, Present and Future.** Worlds Poultry Science Journal. v.62. p.5-16, 2006.

CONTE, A.J. et al. **Efeito da Fitase e Xilanase sobre o Desempenho e as Características Ósseas de Frangos de Corte Alimentados com Dietas Contendo Farelo de Arroz.** Revista Brasileira de Zootecnia. v.32. n.5. p.1147-1156, 2003.

DHANDU, A.S., ANGEL, R. **Broiler Nonphytin Phosphorus Requirement in the Finisher and Withdrawal Phases of a Commercial Four-Phase Feeding System.** Poultry Science. v.82. p.1257-1265, 2003.

DUARTE, H.C. et al. **Comparação de Métodos "in vitro" para Determinação da Biodisponibilidade de Fósforo.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. v.55. n.1, 2003.

DONATO, D.C.Z. **Desempenho, Balanço Metabólico, Digestibilidade de Minerais e Mineralização Óssea por Frangos de Corte Alimentados com Rações Contendo Diferentes Níveis de Cálcio e Suplementadas com Fitase.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2009.

DRIVER, J.P. et al. **Effects of Calcium and Nonphytate Phosphorus Concentrations on Phytase Efficacy in Broiler Chicks.** Poultry Science. v.84. p.1406-1417, 2005.

GOMES, P.C. et al. **Exigência de Fósforo e sua Disponibilidade nos Fosfatos Monoamônio e Monocálcico para Frangos de Corte até 21 dias de Idade.** Revista Brasileira de Zootecnia. v.22. n.5, 1993.

GOMES, P.C. et al. **Exigência de Fósforo Disponível para Frangos de Corte Machos e Fêmeas de 22 a 42 e de 43 a 53 Dias de Idade.** Revista Brasileira de Zootecnia. v.33. n.6. p.1734-1746, 2004.

HENN, J.D. **Aditivos Enzimáticos em Dietas de Suínos e Aves**. Bioquímica do Tecido Animal: Pós-Graduação em Ciências Veterinárias - UFRGS, 2002.

HOENDEROP, J.G.F. et al. **Calcitrol Controls the Epithelial Calcium Channel in Kidney**. Journal of the American Society of Nephrology. v. 12. p.1342-1349, 2001.

KELLEHER, B.P. et al. **Advances in Poultry Litter Disposal Technology**. Bioresource Technology. Editor Elsevier. v. 83. p.27-36, 2002.

KHANAL, N.C.; NEMERE, I. **Regulation of Intestinal Calcium Transport**. Annual Review of Nutrition. v.28. p.179-196, 2008.

KLASING, K.C. **Comparative Avian Nutrition**. CAB International. Wallingford-UK, 1998.

LAN, G.Q.; ABDULLAH, N.; JALALUDIN, S. **Efficacy of Supplementation of a Phytase-Producing Bacterial Culture on the Performance and Nutrient Use of Broiler Chickens Fed Corn Soybean Meal Diets**. Poultry Science. v.81. n.10. p.1522-1532, 2002.

LACERDA, E.G. **Adição de Fitase na Dieta de Frangos de Corte no Período de 1 a 42 dias**. Dissertação de Mestrado. Centro Universitário de Vila Velha. Vila Velha-ES, 2010.

LELIS, G.R. et al. **Suplementação Dietética de Fitase em Dietas para Frangos de Corte**. Revista Eletrônica Nutritime. v.6, n.2. p.875-889, 2009.

LELIS, G.R. et al. **Diet Supplementation With Phytase on Performance of Broiler Chickens**. Revista Brasileira de Zootecnia. v.41. n.4. p.929-933, 2012.

MCDOWELL, L. R. **Minerals in Animal and Human Nutrition**. University of Florida – Department of Animal Science. Gainesville – FL, 1992.

PIZZOLANTE C.C. et al. **Níveis de Fitase e de Cálcio e Desempenho de Frangos de Corte**. Ciências Agroveterinárias de Lavras. v.26. n.2. p.418-425, 2002.

QUEIROZ, L.S.B. de. **Utilização de Fosfatos Comerciais para Frangos de Corte na Fase Inicial**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.43. n.10. p.1421-1427. Brasília-DF, 2008.

QIAN, H.; KORNEGAY, E.T.; DENBOW, D.M. **Utilization of Phytate Phosphorus and Calcium as Influenced by Microbial Phytase, Cholecalciferol, and the Calcium:total Phosphorus Ratio in Broiler Diets**. Poultry Science. v.76. n.1. p.37-46, 1997.

ROSSEAU, X. et al. **Phosphorus Utilization in Finishing Broiler Chickens: Effects of Dietary Calcium and Microbial Phytase**. Poultry Science. v.91. p.2829-2837, 2012.

ROSTAGNO, H.S., et al. **Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos (Tabelas Brasileiras)**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2005.

ROSTAGNO, H.S., et al. **Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos (Tabelas Brasileiras)**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2011.

RUNHO, R. C., GOMES, P. C., ROSTAGNO, H. S. et al. **Exigência de Fósforo Disponível para Frangos de Corte Machos e Fêmeas de 1 a 21 Dias de Idade**. Revista Brasileira de Zootecnia. v.30. p.187-196, 2001.

SÁ, L.M. et al. **Exigência Nutricional de Cálcio para Frangos de Corte, na Fases de Crescimento e Terminação**. Revista Brasileira de Zootecnia. v.33, n.2. p.397-406, 2004.

SANTOS, L.M. et al. **Níveis de Cálcio e Fósforo Disponível em Rações com Fitase para Frangos de Corte nas Fases de Pré-Inicial e Inicial**. Revista Brasileira de Zootecnia. v.40. n.11. p.2476-2485, 2011A.

SANTOS, L.M. et al. **Níveis de Fósforo Disponível e Cálcio em Rações Suplementadas com Fitase para Frangos de Corte nas Fases de Crescimento e Final**. Revista Brasileira de Zootecnia. v.40, n.11. p.2486-2495, 2011B.

SANTOS, F.R. dos. **Efeito da Suplementação com Fitase Sobre o Desempenho e Digestibilidade de Nutrientes para Frangos de Corte.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita"- Campus Jaboticabal. São Paulo-SP, 2005.

SCHOULTEN, N.A., et al. **Efeito dos Níveis de Cálcio Sobre a Absorção de Minerais em Dietas Iniciais para Frangos de Corte Suplementadas com Fitase.** Ciências Agroveterinárias de Lavras. v.26. n.6. p.1313-1321, 2002.

SCHOULTEN, N.A., et al. **Níveis de Cálcio em Rações de Frangos de Corte na Fase Inicial Suplementadas com Fitase.** Revista Brasileira de Zootecnia. v.32. n.5. p.1190-1197, 2003.

SEIFFERT, N.F. **Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental.** Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola. EMBRAPA-CNPSA, 2000.

SELLE, P.H; RAVINDRAN, V. **Microbial Phytase in Poultry Nutrition.** Animal Feed Science and Technology. v.135, p.1-41, 2007.

SILVA, J. H. V. Da, ARAÚJO, J. A., GOULART, C. C et al. **Influência da Interação Fósforo Disponível x Fitase da Dieta Sobre o Desempenho, os Níveis Plasmáticos de Fósforo e os Parâmetros Ósseos de Poedeiras Comerciais.** Revista Brasileira de Zootecnia. v.37. n.12. p.2157-2165, 2008.

SIMONS, P.C.M., et al. **Improvement of Phosphorus Availability by Microbial Phytase in Broilers and Pigs.** British Journal of Nutrition. v.64. p.525-540, 1990.

SOUZA, L.W. de O. **Biodisponibilidade do Fósforo em Ingredientes Alternativos.** Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária. Faculdade de Medicina Veterinária. ed.3. Garça-SP, 2004.

TEIXEIRA, A.O., et al. **Níveis de Substituição do Fosfato Bicálcico pelo Monobicálcico em Dietas para Suínos nas Fases de Crescimento e Terminação.** Revista Brasileira de Zootecnia. v.34. n.1. p.142-150, 2005.

VATS, P. BANERJEE, U.C. **Production Studies and Catalytic Properties of Phytases (myo-inositolhexakisphosphate hosphohydrolases): An Overview.** Enzyme and Microbial Technology; v.35. n.1. p.3-14, 2004.

VIEIRA, M.M. **Metabolismo do Cálcio em Aves de Corte e Postura Ácidos Orgânicos e Fitase na Dieta.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Faculdade de Agronomia. Porto Alegre-RS, 2009.

YAN, F., KERSEY, J.H., WALDROUP, P.W. **Phosphorus Requirements of Broiler Chicks Three to Six Weeks of Age as Influenced by Phytase Supplementation.** Poultry Science. v.80, p.455-459, 2001.

## **Capítulo II – REDUÇÃO DO FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS SOBRE O DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E CARACTERÍSTICAS ÓSSEAS UTILIZANDO FITASE**

### **RESUMO:**

Realizou-se um estudo para avaliar a redução do fósforo disponível (Pd) em rações para frangos de corte, utilizando fitase. Utilizaram-se 792 aves da linhagem Ross criados de 1 a 41 dias distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos (T1 - controle positivo [níveis nutricionais recomendados por ROSTAGNO et al. 2011]; T2 - controle negativo com redução de 0,15 pontos percentuais de Pd; T3 - redução de 0,15 pontos percentuais de Pd e com a inclusão de 1000 FYT de fitase; T4 - é o T3 até 21 dias de idade e após essa idade, uma dieta com reduções de 0,31 e 0,25 pontos percentuais de Pd nas fases de 22 a 35 dias e 36 a 42 dias de idade [0,11% de Pd suplementado], respectivamente, mais a inclusão de 4000 FYT de fitase) e nove repetições de 22 aves cada. Os animais receberam dietas fareladas a base de milho e farelo soja, e também água ad libitum. Foram avaliados o desempenho zootécnico (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar), e as características ósseas (resistência óssea e a percentagem de resíduo mineral, cálcio e fósforo da tíbia) aos 41 dias. Os dados obtidos foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A utilização de 1000 FYT de fitase na ração manteve o mesmo consumo de ração, ganho de peso, resistência óssea e teores de resíduo mineral e de fósforo da tíbia dos frangos da dieta controle. No entanto, a quantidade de 4000 FYT da enzima, além de manter o mesmo desempenho zootécnico, teor de resíduo mineral e fósforo, obteve a resistência óssea das aves superior às que receberam a dieta controle ( $P < 0,05$ ). Assim, conclui-se que o fósforo disponível pode ser reduzido (0,31 e 0,25 pontos percentuais de Pd) na ração com a suplementação de 4000 FYT da enzima, sem prejudicar o desempenho zootécnico e causando incremento na resistência óssea.

Palavras Chave: Desempenho, Enzimas exógenas, Fontes Inorgânicas de Fósforo, Fósforo Disponível.

# **REDUCTION OF AVAILABLE PHOSPHORUS IN BROILERS DIETS ABOUT PERFORMANCE AND BONE CHARACTERISTICS USING PHYTASE**

## **ABSTRACT:**

A study was conducted to evaluate the reduction of available phosphorus (Ap) in the feed of broilers using phytase. We used 792 Ross broilers raised from 1 to 41 days distributed in a completely randomized design with four treatments (T1 - positive control [nutritional levels recommended by Rostagno et al. 2011]; T2 - negative control with reduced of 0.15 percentage dots Ap; T3 - reduction of 0.15 percentage dots of Ap with the addition of 1000 FYT of phytase; T4 - T3 is up to 21 days of age and thereafter, a diet with reductions 0.31 and 0.25 percentage dots Ap stages 22-35 days and 36-42 days of age [0.11% Ap supplemented], respectively, over the addition of phytase 4000 FYT] and nine replicates of 22 birds each. The animals were fed mash diets based on corn and soybean meal, and water ad libitum. We evaluated the growth performance (feed intake, weight gain and feed conversion ratio), and bone characteristics (bone strength and the percentage of ash, calcium and phosphorus in the tibia) at 41 days. The data were analyzed by ANOVA and means were compared by Tukey test at 5% probability. The use of 1000 FYT phytase in the diet remained the same feed intake, weight gain, bone strength, percentage of ash and phosphorus in the tibia of broilers on the control diet. However, the amount of 4000 FYT enzyme, while maintaining the same performance, percentage of ash and phosphorus, obtained bone strength greater than birds receiving a control diet ( $P < 0.05$ ). Thus, it is concluded that the Ap can be reduced (0.31 and 0.25 percentage dots of Ap) in the diet with supplementation of 4000 FYT enzyme without harming the performance and causing an increase in bone strength.

Keywords: Available phosphorus, exogenous enzymes, performance, inorganic source of phosphorus.

# 1 INTRODUÇÃO

A alimentação representa o maior percentual do custo da produção animal, correspondendo a aproximadamente 60% (BELLAYER et al., 2005). Neste contexto, a maior parte dos ingredientes que compõe uma ração para aves nas condições brasileiras são de origem vegetal, principalmente milho e farelo de soja.

O fósforo (P) é o segundo mineral com maior participação e o terceiro composto nutricional mais caro de uma dieta para aves (SILVA, 2008), superado apenas pela proteína e energia. Os ingredientes de origem vegetal possuem alto teor de fósforo, porém, em monogástrico sua disponibilidade é prejudicada, pois ele se encontra complexado a molécula de fitato e os animais não ruminantes possuem quantidades insuficientes de enzimas capazes de disponibilizá-lo para o metabolismo.

De acordo com Rostagno et al. (2011), 0,19% do fósforo no milho está presente na forma de fósforo fítico, um composto indisponível a esses animais. Com isso, há necessidade de suplementação das dietas com fontes inorgânicas de fósforo para atender as suas exigências, causando um aumento dos custos da ração. Além disso, o mineral não absorvido e utilizado no metabolismo será excretado pelo animal, gerando sérios danos ao meio ambiente.

Os problemas causados pelo fitato vêm sendo estudados por meio da suplementação na ração de enzimas exógenas, principalmente a fitase, a qual tem demonstrado aumentar a disponibilidade do fósforo proveniente de ingredientes de origem vegetal.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar, se a redução do uso de fosfato bicalcico em rações contendo fitase promove alterações no desempenho zootécnico, e características ósseas de frangos de corte aos 41 dias de idade.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se um experimento com o objetivo de avaliar a redução das quantidades de fósforo disponível (Pd) adicionadas em rações para frangos de corte. Foram utilizados 792 frangos de corte machos da linhagem Ross<sup>®</sup>, criados de um a 41 dias de idade. As aves foram alojadas em um galpão experimental contendo boxes de 2,25 m<sup>2</sup>, forrados com cama de maravalha nova e equipados com comedouro tubular e bebedouros pendulares. O fotoperíodo empregado foi de 24 horas de luz até os 12 dias de idade e 12 horas dos 13 até os 41 dias. Ração e água foram fornecidos a vontade. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (T) e nove repetições contendo 22 aves cada, sendo: T1- controle positivo (níveis nutricionais recomendados por ROSTAGNO et al. 2011); T2 - controle negativo com redução de 0,15 pontos percentuais de Pd; T3 - redução de 0,15 pontos percentuais de Pd e com a inclusão de 1000 FYT de fitase; T4 - é o T3 até 21 dias de idade e após essa idade, uma dieta com reduções de 0,31 e 0,25 pontos percentuais de Pd nas fases de 22 a 35 dias e 36 a 41 dias de idade (0,11% de Pd suplementado), respectivamente, mais a inclusão de 4000 FYT de fitase.

As dietas eram fareladas, constituídas a base de milho e farelo de soja, perfazendo quatro rações, de acordo com a idade das aves: pré-inicial - 1 a 7 dias de idade; inicial - 8 a 21 dias; crescimento - 22 a 35 dias e final - 36 a 41 dias de idade (Tabelas 1 e 2).

Avaliou-se o consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA) no período de um a 41 dias de idade. Aos 41 dias de idade, duas aves por repetição foram eutanasiadas por deslocamento cervical para a coleta das tíbias. Todos os ossos coletados foram fervidos em água para remoção dos resíduos de carne, cartilagem proximal e da fíbula. Após serem secas, as amostras foram

submersas em éter etílico por 24 horas para a remoção total da gordura. Após 30 minutos de repouso para evaporação do éter, os ossos foram secos em estufa a 65°C por 24 horas e pesados em balança de precisão de 0,0001 g. As tíbias esquerdas foram colocadas em uma mufla a 600°C para quantificação dos teores de resíduo mineral (RM), cálcio (Ca) e fósforo (P) segundo a metodologia da AOAC (1995). Após o processamento as tíbias da perna direita foram armazenadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira da Universidade Federal do Paraná - UFPR para realizar a análise de resistência óssea utilizando o aparelho EMIC modelo DL1000<sup>®</sup>, aplicando-se uma força perpendicular a uma velocidade de 5 mm/min. com um cutelo cilíndrico de 30 mm de diâmetro no ponto médio entre as epífises dos ossos, sendo que foi padronizado em função do menor osso um vão de 41 mm avaliando assim a força máxima para o completo rompimento do osso. Os dados obtidos de todas as variáveis foram submetidos à análise de variância e, quando houve diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A enzima utilizada foi a Ronozyme Hiphos<sup>®</sup> (M), na forma microgranulada. Esta enzima possui o sítio ativo 6-phytase (E.C. 3.1.3.26), sendo obtida por fermentação fúngica (*Aspergillus Oryzae*) e foi adicionada nas quantidades de 1000 e 4000 FYT/kg de ração. A unidade FYT é definida pelo fabricante como a quantidade de enzima que catalisa a liberação de 1µMOL de fósforo inorgânico por minuto a partir de 5,1 nM de fitato de sódio em pH 5,5 a 37°C.

1 Tabela 1 - Composição Nutricional das Dietas com Redução dos Níveis de Fósforo Disponível para Frangos de Corte com Idade entre 1 e 41 dias.

Ingredientes (%)	Período Experimental							
	1 -7 dias		8-21 dias		22 a 35 dias		36 a 41 dias	
	T1	T2/T3/T4	T1	T2/T3/T4	T1	T2/T3/T4	T1	T2/T3/T4
Milho	54,89	56,38	59,12	60,72	63,35	64,87/64,87/66,07	64,63	66,12/66,12/67,11
Farelo de Soja	37,60	37,40	33,90	33,60	29,00	28,80/28,80/28,60	27,00	26,70/26,70/26,60
Óleo de Soja	2,90	2,40	2,90	2,40	3,80	3,30/3,30/2,90	5,00	4,60/4,60/4,20
Fosfato Bicálcico	1,90	1,10	1,65	0,90	1,55	0,75/0,75/0,00	1,25	0,45/0,45/0,00
Calcário Calcítico	1,50	1,50	1,40	1,35	1,30	1,25/1,25/1,40	1,35	1,35/1,35/1,30
Sal	0,20	0,20	0,25	0,24	0,29	0,29	0,31	0,30
Bicarbonato de Sódio	0,37	0,37	0,23	0,23	0,17	0,18	0,10	0,11
DL-Metionina	0,25	0,25	0,21	0,21	0,19	0,19	0,14	0,14
L-Lisina	0,09	0,10	0,08	0,09	0,11	0,12	0,05	0,06
L-Treonina	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	-	-
Cloreto de Colina	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,06	0,06
Fitase	-	00/0,002/0,002	-	0,00/0,002/0,002	-	0,00/0,002/0,008	-	0,00/0,002/0,008
Premix Mineral <sup>1</sup>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Premix Vitamínico <sup>2</sup>	0,12	0,12	0,10	0,10	0,08	0,08	0,06	0,06
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

2 Conteúdo/Kg de Ração: 1-160g Óxido de Manganês, 100g Sulfato de Ferro, 20g Sulfato de Cobre, 2000mg Sulfato de Cobalto, 2000g Iodato de Cálcio, 100g Óxido de Zinco; 2- Pantonenato de Cálcio,  
3 Selenito de Sódio, Biotina, Ácido Fólico, Vitaminas (A, K3, E, D3, B1, B2, B12, B6 e Niacina). T1= Controle Positivo; T2 = Controle Negativo; T3 = Controle Negativo + 1000 FYT de fitase; T4 = T3 até 21  
4 dias de redução de 0,31 e 0,25% de Pd nas fases de 22 a 35 dias e 36 a 42 dias de idade, respectivamente + 4000 FYT de fitase.

5

6

- 1 Tabela 2 - Composição Química Calculada das Dietas com Redução dos Níveis de Fósforo Disponível para Frangos de Corte com Idade entre 1 e 41 dias de  
2 idade.

<b>Período Experimental</b>				
	<b>1 a 7 dias</b>	<b>8 a 21 dias</b>	<b>22 a 35 dias</b>	<b>36 a 42 dias</b>
<b>Composição Química Calculada</b>	<b>T1/T2/T3/T4</b>	<b>T1/T2/T3/T4</b>	<b>T1/T2/T3/T4</b>	<b>T1/T2/T3/T4</b>
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2900	2950	3100	3200
Proteína Bruta (%)	22,50	21,00	19,00	18,00
Lisina Dig. Aves (%)	1,20	1,10	1,00	0,90
Metionina Dig. Aves (%)	0,55	0,49	0,44	0,38
Met+Cistina Dig. Aves (%)	0,86	0,79	0,72	0,64
Treonina Dig. Aves (%)	0,76	0,70	0,64	0,58
Cálcio (%)	1,00/0,85/0,85/0,85	0,90/0,75/0,75/0,75	0,84/0,69/0,69/0,60	0,80/0,65/0,65/0,55
Fósforo Total (%)	0,77/0,63/0,63/0,63	0,71/0,57/0,57/0,57	0,67/0,52/0,52/0,37	0,60/0,45/0,45/0,36
Fósforo disp.(%)	0,50/0,35/0,35/0,35	0,45/0,30/0,30/0,30	0,42/0,27/0,27/0,11	0,36/0,21/0,21/0,11
Sódio (%)	0,20	0,18	0,18	0,17
Cloro (%)	0,18	0,21	0,24	0,24
Colina (ppm)	1600	1500	1400	1200
Balanço Eletrolítico mEq/kg	250	220	191,95	178,84

- 3 T1= Controle Positivo; T2 = Controle Negativo; T3 = Controle Negativo + 1000 FYT de fitase; T4 = T3 até 21 dias de redução de 0,31 e 0,25% de Pd nas fases de 22 a 35 dias e 36 a 42 dias de idade,  
4 respectivamente + 4000 FYT de fitase.

1 Tabela 3 - Composição Química Analisada das Dietas com Redução dos Níveis de Fósforo  
 2 Disponível para Frangos de Corte com Idade entre 1 e 41 dias de idade.

<b>Período Experimental</b>								
<b>Composição Química Analisada</b>	<b>1 a 7 dias</b>				<b>8 – 21 dias</b>			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Umidade (%)	11,04	10,96	10,89	10,95	11,45	11,18	11,28	11,49
Proteína Bruta (%)	23,07	22,61	22,86	22,44	21,55	21,34	22,17	21,35
Resíduo Mineral (%)	5,24	4,92	5,03	4,96	4,84	4,38	4,29	4,06
Cálcio (%)	0,97	0,83	1,01	0,96	0,96	0,85	0,76	0,74
Fósforo (%)	0,64	0,59	0,53	0,54	0,67	0,51	0,50	0,47
<b>Composição Química Analisada</b>	<b>22 – 35 dias</b>				<b>36 – 41 dias</b>			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Umidade (%)	10,89	10,95	10,96	11,15	11,54	11,39	11,36	11,26
Proteína Bruta (%)	19,07	19,76	18,53	19,02	18,17	18,59	18,89	18,87
Resíduo Mineral (%)	4,84	4,01	3,91	3,71	4,57	3,83	3,75	3,60
Cálcio (%)	0,87	0,63	0,69	0,56	0,74	0,63	0,56	0,47
Fósforo (%)	0,59	0,42	0,44	0,31	0,51	0,39	0,38	0,31

3 T1= Controle Positivo; T2 = Controle Negativo; T3 = Controle Negativo + 1000 FYT de fitase; T4 = T3 até 21 dias de redução  
 4 de 0,31 e 0,25% de Pd nas fases de 22 a 35 dias e 36 a 42 dias de idade, respectivamente + 4000 FYT de fitase.

5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de desempenho zootécnico das aves estão apresentados na Tabela 4. Houve diferença ( $P < 0,05$ ) em todas as variáveis analisadas.

Tabela 4 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte, avaliado aos 41 dias de idade.

Tratamentos	CR (g)	GP (g)	CA
T1 = Controle Positivo	4458 ab	2617 a	1,703 b
T2 = Controle Negativo (-0,15 pontos % Pd)	4283 b	2470 b	1,734 a
T3 = T2 + 1000 FYT	4462 ab	2566 ab	1,738 a
T4* = 1-21d (T3) 22-41d 4000 FYT	4474 a	2602 a	1,718 ab
Probabilidade (P)	0,0444	0,0187	0,0018
CV(%)	3,56	3,96	1,12

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). \*A partir dos 21 dias foi utilizada dieta controle positivo, sendo o fosfato bicálcio retirado; g=gramas; CV=coeficiente de variação; d=dias; Pd=Fósforo disponível.

O consumo de ração das aves que receberam suplementação enzimática em suas dietas (T3 e T4) foi semelhante ao consumo dos frangos que receberam rações com os níveis nutricionais recomendados (T1) ( $P > 0,05$ ). No entanto, quando os frangos receberam ração com maior quantidade de enzima (4000 FYT) T4, o consumo foi superior ( $P < 0,05$ ) àqueles que tiveram suas dietas com níveis de fósforo disponível (Pd) reduzidos (0,15 pontos percentuais) e sem suplementação de fitase (T2). O aumento no consumo de ração das aves no Tratamento 4 pode ter ocorrido como forma de compensar a deficiência de Pd (TEJEDOR et al., 2001), uma vez que os animais que receberam as dietas com uma redução de Pd de 0,15 pontos percentuais e suplementação de 1000 FYT no T3, tiveram um aumento no consumo de ração menos expressivo em relação as aves que receberam as dietas

do T4, não sendo suficiente para diferir do consumo das aves que tiveram os níveis de fósforo reduzidos sem suplementação de fitase no T2.

Os frangos que consumiram a ração com os níveis de Pd reduzidos e sem adição de fitase (T2) apresentaram um menor peso em comparação aos que receberam rações contendo os níveis recomendados de Pd, T1 ( $P<0,05$ ). Possivelmente, a quantidade de Pd na ração das aves do T2, estava abaixo das exigências nutricionais, o que também foi relatado por Sohail & Roland (1999). Estes autores encontraram menor ganho de peso de frangos alimentados com rações contendo 0,22% de Pd em relação a outros alimentados com 0,32%. Logo, como as aves do T4 que receberam a maior quantidade de enzima (4000 FYT) tiveram um ganho de peso maior do que as aves do T2, que receberam ração com níveis reduzidos de Pd, sem fitase, ( $P<0,05$ ) e semelhantes ao ganho de peso das aves do T1, que receberam níveis recomendados de Pd, a suplementação de fitase pode ter minimizado os efeitos da retirada da fonte inorgânica de fósforo desses animais, disponibilizando fósforo aderido a molécula de ácido fítico. O ganho de peso das aves do T3 com redução de 0,15 pontos percentuais de Pd e 1000 FYT de fitase foi semelhante ao das aves que receberam as dietas com os níveis nutricionais recomendados (T1), mas não diferiu em relação às que foram submetidas à restrição de fósforo de 0,15 pontos percentuais sem fitase (T2) ( $P>0,05$ ).

A conversão alimentar dos animais que receberam ração com o maior nível da enzima (T4) foi semelhante àqueles que receberam os níveis nutricionais recomendados (T1) ( $P>0,05$ ), apesar de não diferir das dietas T3 e T2. No entanto, a conversão alimentar das aves do T3, não diferiu ( $P>0,05$ ) da conversão alimentar dos frangos que receberam a dieta T2, e foi pior ( $P<0,05$ ) que a conversão alimentar das aves que ingeriram a ração com níveis nutricionais recomendados (T1). Tejedor

et al. (2001) encontraram melhorias na conversão alimentar e no ganho de peso de frangos de corte com 24 dias recebendo dietas com baixos níveis de cálcio (0,80%) e Pd (0,33%) suplementadas com duas fitases diferentes, evidenciando os efeitos positivos de ambas as enzimas no desempenho dos animais. Contudo, sabe-se que as respostas para suplementação da fitase dependem de uma série fatores, como estabilidade e atividade sobre o fitato, nível de enzima utilizado, nível de nutrientes da ração, concentração de ácido fítico no ingrediente utilizado (SANTOS, 2005), pois geralmente não se tem as mesmas condições ambientais, níveis nutricionais e animais com a mesma idade e linhagem nos diferentes estudos.

Os resultados de desempenho observados neste trabalho estão de acordo com os dados de Broz et al. (1994), que avaliaram a restrição total de fosfato bicálcico da dieta de frangos de corte entre 21 e 35 dias de idades em doses crescentes de suplementação de fitase, e encontraram melhora tanto no peso vivo das aves (131,6 g), quanto no consumo de ração (198,3 g). Os mesmos autores também verificaram aumento da quantidade de fósforo no plasma das aves (1,46 mg/100 mL) quando maiores níveis de enzima foram utilizados na ração, sugerindo que o incremento observado no peso vivo das aves pode estar associado a maior ingestão de alimentos e na maior biodisponibilidade do fósforo da ração promovida pela fitase exógena.

Também Simons et al. (1990) encontraram maior consumo de ração, ganho de peso e eficiência alimentar de frangos recebendo dietas com baixos teores de Pd e suplementadas com fitase. Os autores relataram que este efeito foi dependente do nível de fitase adicionado, o que provavelmente também pode ter ocorrido no presente estudo, uma vez que o nível de 4000 FYT da enzima manteve o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar com resultados muito próximos



a dieta com níveis de fósforo recomendados (T1) e a suplementação de 1000 FYT manteve o consumo de ração e o ganho de peso, mas não melhorou a conversão alimentar.

Em estudos recentes (AURELI et al., 2011; RUTHERFURD et al., 2012) em que foi utilizando a mesma enzima do presente trabalho, observou-se resultados semelhantes a estes no desempenho zootécnico de frangos recebendo dietas com baixos teores de fósforo em relação a níveis recomendados de suplementação. Embora nestes estudos os animais tenham sido avaliados em idades diferentes (21 dias), a semelhança com as respostas para o desempenho zootécnico, podem ter comprovado a eficiência da fitase em manter a atividade enzimática no trato gastrointestinal e estimular a disponibilização dos nutrientes complexados à molécula de fitato (SANTOS et al., 2005).

Os resultados de resistência óssea, teores de resíduo mineral, de cálcio e de fósforo da tíbia das aves, encontram-se na Tabela 5. Houve diferença em todas as variáveis avaliadas ( $P < 0,05$ ), com exceção aos teores de cálcio ( $P > 0,05$ ).

Tabela 5 - Resistência óssea (RO), teor de resíduo mineral (RM), teor de cálcio (Ca) e teor de fósforo (P) da tíbia de frangos de corte, avaliado aos 41 dias de idade.

Tratamentos	RO (kgf)	RM(%)	Ca(%)	P(%)
<b>T1</b> = Controle Positivo	12,3 b	43,051 a	16,835	7,917 a
<b>T2</b> = Controle Negativo (-0,15 pontos % Pd)	11,3 b	40,554 b	16,791	7,127 b
<b>T3</b> = T2 + 1000 FYT	13,0 b	43,089 a	17,189	7,780 a
<b>T4*</b> = 1-21d (T3) 22-41d 4000 FYT	17,2 a	42,563 a	16,853	7,775 a
<b>Probabilidade</b>	0,0167	<0,0001	0,5458	0,0001
<b>CV(%)</b>	30,43	3,97	5,53	6,64

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). \*A partir dos 21 dias foi utilizada dieta controle positivo, sendo o fosfato bicálcio retirado; CV=coeficiente de variação; d=dias; kgf=Quilograma força; Pd=Fósforo disponível.

Não houve diferença na concentração de resíduo mineral e de P da tíbia dos frangos que receberam ração com redução de 0,15 pontos percentuais Pd e com 1000 FYT de fitase (T3) com aqueles que foram alimentados, até os 21 dias com a mesma ração do Tratamento 3 e após a fase inicial ingeriram ração contendo 4000 FYT com 0,11% de Pd e também com aqueles que ingeriram a ração controle no Tratamento 1 ( $P>0,05$ ). No entanto, os teores de resíduo mineral e P da tíbia das aves que receberam as dietas com redução de 0,15 pontos percentuais de Pd sem suplementação, foram inferiores ( $P<0,05$ ) aos que receberam as demais dietas provavelmente em função da menor ingestão de ração e consequentemente de Pd, que seguramente levou a menor mineralização óssea desses animais.

Esses resultados são semelhantes aos de Rutherford et al. (2012) que observaram um aumento na concentração de cinzas da tíbia de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas com teores de fósforo disponível reduzido (0,65% e 0,56%) e inclusão de fitase. Os mesmos autores também encontraram maior retenção de cálcio aparente (50,4% e 56,6%) e na absorção ileal verdadeira de fósforo (32,2% e 51,5%).

Não houve variação no nível de cálcio das tíbias dos frangos dos diferentes tratamentos ( $P=0,54$ ).

Já a resistência óssea dos frangos do T4, que receberam dietas com maior suplementação enzimática, foi superior a dos frangos de todos os outros tratamentos ( $P<0,05$ ), os quais não diferiram entre si. Os animais que receberam a dieta T4 tiveram a suplementação de Pd drasticamente reduzida (0,11% suplementado entre 22 e 41 dias de idade), no entanto, a suplementação de cálcio não foi alterada nas mesmas proporções (0,60% de Ca entre 22 e 35 dias e 0,55% entre 36 e 41 dias).

Driver et al. (2005) explicam que a grande quantidade de Ca no intestino possivelmente forma compostos insolúveis com o fósforo ( $\text{Ca}_2\text{PO}_4$ ), prejudicando a absorção. No entanto, os autores comentam que resultados promissores podem ocorrer nessa situação, uma vez que a enzima encontra soluto suficiente para hidrolizar, principalmente se a concentração da fitase for alta, o que pode ter ocorrido nessa situação. Como características ósseas são mais sensíveis a variação na concentração de minerais da dieta (YAN et al., 2001; DHANDU & ANGEL, 2003), a alta concentração de enzima nas rações dos animais que ingeriram a dieta T4 pode ter favorecido a resistência óssea dessas aves.

Esses resultados de resistência óssea também corroboram com Fukayama et al. (2008), que encontraram aumento nesta variável quando doses crescentes da enzima foram adicionadas a dietas para frangos, com restrições de Pd. Ao diminuir a suplementação de fósforo, os autores também encontraram com a suplementação enzimática teores de matéria mineral (53,24%) e fósforo (10,10%) no osso, semelhantes aos níveis recomendados (51,81 e 11,13% respectivamente).

Aurelli et al. (2011) verificaram maior resistência óssea de frangos com 21 dias de idade, a medida que aumentaram o nível de inclusão de fitase na dieta das aves. Os autores também encontraram maior porcentagem de cinzas na tíbia à medida que aumentaram a inclusão de fitase nas dietas (50,8%).

Segundo Santos et al. (2005) a suplementação de fitase, em dietas com níveis marginais de minerais, mantém a formação da estrutura óssea, e conseqüentemente, o desempenho das aves, pois um bom desenvolvimento muscular é dependente de um bom suporte ósseo. A mineralização e a resistência óssea são variáveis que podem demonstrar a eficiência da enzima em hidrolizar o fitato, principalmente em dietas deficientes em fósforo e outros minerais,

minimizando uma possível quantidade insuficiente de nutrientes, com isso, os resultados favoráveis de desempenho zootécnico talvez possam ser um reflexo da resistência óssea dos animais que receberam 4000 FYT de fitase.

## 4 CONCLUSÃO

Frangos de corte alimentados com rações com níveis reduzidos de fósforo disponível (0,31 e 0,25 pontos percentuais) durante o período de 22 a 41 dias, mantém seu desempenho zootécnico, quando é utilizando a enzima fitase (4000 FYT).

A composição mineral dos ossos dos frangos não é alterada com a redução da inclusão de fósforo disponível, quando 4000 FYT de fitase são adicionados na ração, além disso, nessas condições experimentais a resistência óssea foi aumentada.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC.** Official methods of the association of the agricultural chemists. 16.ed. p. 1230, 1995.

AURELI, R. et al. **The Efficacy of a Novel Microbial 6-Phytase Expressed in *Aspergillus Oryzae* on the Performance and Phosphorus Utilization in Broiler Chickens.** Poultry Science. v.2. p.160-168, 2011.

BELLAVER, C. et al. **Qualidade e Padrões de Ingredientes para Rações.** Global Feed & Food Congress. São Paulo-SP, 2005.

BROZ, J. et al. **Effects of Supplemental Phytase on Performance and Phosphorus Utilisation in Broiler Chickens Fed a Low Phosphorus Diet Without Addition of Inorganic Phosphates.** Poultry Science. v.35. p.273-280, 1994.

DHANDU, A.S.; ANGEL, R. **Broiler Nonphytin Phosphorus Requirement in the Finisher and Withdrawal Phases of a Commercial Four-Phase Feeding System.** Poultry Science. v.82. p.1257-1265, 2003.

DRIVER, J.P. et al. **Effects of Calcium and Nonphytate Phosphorus Concentrations on Phytase Efficacy in Broiler Chicks.** Poultry Science. v.84. p.1406-1417, 2005.

FUKAYAMA, E.H. et al. **Efeito da Suplementação de Fitase Sobre o Desempenho e a Digestibilidade dos Nutrientes em Frangos de Corte.** Revista Brasileira de Zootecnia. v.37. n.4. p.629-635, 2008.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e suínos (Tabelas Brasileiras).** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2011.

RUTHERFURD, S.M. et al. **Effect of a Novel phytase on Growth Performance, Apparent Metabolizable Energy, and the Availability of Minerals and Amino Acids in a Low-Phosphorus Corn-soybean Meal Diet for Broilers.** Poultry Science. v.91. p.1118-1127, 2012.

SANTOS, F.R. **Efeito da Suplementação com Fitase Sobre o Desempenho e Digestibilidade de Nutrientes para Frangos de Corte.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus Jaboticabal, 2005.

SILVA, J. H. V. et al. **Influência da Interação Fósforo Disponível x Fitase da Dieta Sobre o Desempenho, os Níveis Plasmáticos de Fósforo e os Parâmetros Ósseos de Poedeiras Comerciais.** Revista Brasileira de Zootecnia. v.37. n.12. p.2157-2165, 2008.

SIMONS, P.C.M., et al. **Improvement of Phosphorus Availability by Microbial Phytase in Broilers and Pigs.** British Journal of Nutrition. v.64. p.525-540, 1990.

SOHAIL, S.S.; ROLAND, D.A. **Influence of Supplemental Phytase on Performance of Broilers Four to Six Weeks of Age.** Poultry Science. v.78. p.550-555, 1999.

TEJEDOR, A.A. et al. **Efeito da Adição da Enzima Fitase Sobre o Desempenho e a Digestibilidade Ileal de Nutrientes.** Revista Brasileira de Zootecnia. v.30. n.3. p.802-808, 2001.

YAN, F.; KERSEY, J.H.; WALDROUP, P.W. **Phosphorus Requirements of Broiler Chicks Three to Six Weeks of Age as Influenced by Phytase Supplementation.** Poultry Science. v.80. p.455-459, 2001.

### Capítulo III – DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS SOBRE O DESEMPENHO ZOOTÉCNICO, CARACTERÍSTICAS ÓSSEAS E DIGESTIBILIDADE ILEAL

#### RESUMO:

Realizou-se um estudo para avaliar a suplementação de diferentes níveis de fósforo disponível (Pd) em rações para frangos de corte. Foram utilizados 660 frangos de corte da linhagem Cobb 500 criados entre 22 e 42 dias de idade. Foi utilizado um delineamento inteiramente ao acaso com cinco tratamentos (T1=0,10% de Pd; T2=0,17% de Pd; T3=0,24% de Pd; T4=0,31% de Pd e T5=0,38% de Pd, todos suplementados com 1000 FYT kg<sup>-1</sup> de fitase) e seis repetições de 22 aves. Foi mantida a mesma relação cálcio e fósforo de 2:1 em todos os tratamentos. Avaliou-se o desempenho zootécnico (consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e consumo de fósforo disponível), características ósseas (resistência óssea da tíbia, e seus teores de resíduo mineral, cálcio, fósforo), e a digestibilidade ileal aparente do cálcio e do fósforo. As médias dos tratamentos foram estimadas pelos modelos *Linear Response Plateau* (LRP) e polinomial de acordo com o melhor ajuste para os dados e respeitando sua interpretação biológica. O consumo de ração foi estimado em 0,26% de Pd pelo modelo quadrático ( $P<0,05$ ), já o LRP estimou um platô com 0,16 ( $P<0,0001$ ) e 0,19% ( $P<0,0001$ ) para o ganho de peso e conversão alimentar, respectivamente. O consumo de Pd aumentou linearmente ( $P<0,0001$ ), assim como os teores de resíduo mineral ( $P<0,0001$ ), cálcio ( $P=0,0001$ ), e fósforo da tíbia ( $P<0,0001$ ), já a resistência óssea ( $P<0,0001$ ), aumentou de forma quadrática com o aumento dos níveis de Pd suplementadas com fitase. Os coeficientes de digestibilidade do cálcio ( $P=0,0001$ ) e do fósforo ( $P<0,0001$ ) diminuíram de forma linear e quadrática, respectivamente, com o aumento do nível de Pd. Assim, concluiu-se utilizando 0,24% de Pd com 1000 FYT de fitase, foram suficientes para manter um desempenho zootécnico próximo às estimativas sem afetar a resistência óssea.

Palavras Chave: Desempenho, Enzimas exógenas, Fontes Inorgânicas de Fósforo, Fósforo Disponível.

# **DIFFERENT LEVELS OF AVAILABLE PHOSPHORUS IN BROILERS DIETS ABOUT PERFORMANCE, BONE CHARACTERISTICS ILEAL DIGESTIBILITY**

## **ABSTRACT:**

We conducted a study to evaluate the supplementation of different levels of available phosphorus (AP) in broiler diets. We used 660 Cobb 500 broilers raised between 22 and 42 days old. We used a completely randomized design with five treatments (T1 = 0.10% Ap, T2 = 0.17% Ap, T3 = 0.24% Ap, T4 = 0.31% Ap and T5 = 0.38% Ap, all supplemented with 1000 FYT kg<sup>-1</sup> phytase) and six replicates of 22 birds. It maintained the same calcium and phosphorus ratio of 2:1 in all treatments. We evaluated the growth performance (feed intake, weight gain, feed consumption and phosphorus), bone characteristics (tibia bone strength, and their levels of ash, calcium, phosphorus), and apparent ileal digestibility of calcium and phosphorus. The treatment means were estimated by the models Linear Response Plateau (LRP) and polynomial according to the best fit to the data and respecting their biological interpretation. Feed intake was estimated at 0.26% of Ap by the quadratic model ( $P < 0.05$ ), the LRP has estimated a plateau with 0.16 ( $P < 0.0001$ ) and 0.19% ( $P < 0.0001$ ) for weight gain and feed conversion ratio, respectively. The use of Ap increased linearly ( $P < 0.0001$ ) as well as the levels of ash ( $P < 0.0001$ ), calcium ( $P = 0.0001$ ), and phosphorus tibia ( $P < 0.0001$ ) now bone strength ( $P < 0.0001$ ), increased quadratically with increasing levels of Ap supplemented with phytase. The digestibility coefficients of calcium ( $p = 0.0001$ ) and phosphorus ( $P < 0.0001$ ) decreased in a linear and quadratic, respectively, with increasing level of Ap. Thus, we conclude using 0.24% Ap with 1000 FYT phytase, were enough to keep a live performance next estimates without affecting bone strength.

Keywords: Available Phosphorus, Exogenous enzymes, Inorganic Phosphorus Sources, Performance



# 1 INTRODUÇÃO

A alimentação representa o maior percentual do custo da produção animal, correspondendo a aproximadamente 60% (BELLAYER et al., 2005). Neste contexto, a maior parte dos ingredientes que compõe uma ração para aves nas condições brasileiras são de origem vegetal, principalmente milho e farelo de soja.

O fósforo (P) é o segundo mineral com maior participação e o terceiro composto nutricional mais caro de uma dieta para aves (SILVA, 2008), superado apenas pela proteína e energia. Os ingredientes de origem vegetal possuem alto teor de fósforo, porém, em monogástrico sua disponibilidade é prejudicada, pois ele se encontra complexado a molécula de fitato e os animais não ruminantes possuem quantidades insuficientes de enzimas capazes de disponibilizá-lo para o metabolismo.

De acordo com Rostagno et al. (2011), 0,19% do fósforo no milho está presente na forma de fósforo fítico, um composto indisponível a esses animais. Com isso, há necessidade de suplementação das dietas com fontes inorgânicas de fósforo para atender as suas exigências, causando um aumento dos custos da ração. Além disso, o mineral não absorvido e utilizado no metabolismo será excretado pelo animal, gerando sérios danos ao meio ambiente.

Os problemas causados pelo fitato vêm sendo estudados por meio da suplementação na ração de enzimas exógenas, principalmente a fitase, a qual tem demonstrado aumentar a disponibilidade do fósforo proveniente de ingredientes de origem vegetal.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar, se a suplementação de diferentes níveis de fósforo disponível em rações contendo fitase promove alterações no

desempenho zootécnico, características ósseas e a digestibilidade ileal do cálcio e fósforo de frangos de corte com idade entre 22 e 42 dias de idade.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Realizou-se um experimento com o objetivo de avaliar a suplementação de diferentes níveis de fósforo disponível em rações para frangos de corte contendo fitase.

Foram utilizados 660 frangos de corte machos da linhagem Cobb<sup>®</sup> criados de 22 a 42 dias de idade. As aves foram alojadas em um galpão experimental contendo boxes de 2,25 m<sup>2</sup>, forrados com cama de maravalha nova e equipados com comedouro tubular e bebedouros pendulares. O fotoperíodo empregado foi de 24 horas de luz até os 12 dias de idade e 12 horas dos 13 até os 41 dias. Ração e água foram fornecidos a vontade. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e seis repetições contendo 22 aves cada. Os tratamentos consistiram de dietas contendo níveis crescentes de fósforo disponível (Pd), sendo: T1=0,10% de Pd; T2=0,17% de Pd; T3=0,24% de Pd; T4=0,31% de Pd e T5=0,38% de Pd. Todas as dietas foram suplementados com 1000 FYT de fitase (Tabela 1). As rações eram isoprotéicas e isoenergéticas, variando somente as inclusões de fósforo disponível e cálcio, e mantendo-se uma relação de 2:1.

No período pré-experimental que compreendeu as fases pré-inicial e inicial (1 a 7; 8 a 21 dias) todas as aves receberam a mesma ração seguindo as recomendações nutricionais de Rostagno et al. (2011). Aos 21 dias os frangos foram pesados e apresentaram peso médio de 897 ( $\pm 0,01$ ) g e distribuídos nas unidades experimentais, onde foram avaliados os índices de desempenho, como o consumo de ração (CR), consumo de fósforo disponível (CPd), ganho de peso (GP) e a

conversão alimentar (CA) no período de 22 aos 42 dias de idade. Aos 42 dias de idade, uma ave por repetição foi eutanasiada para a coleta das tíbias. Todos os ossos coletados foram fervidos em água para remoção dos resíduos de carne, cartilagem proximal e da fíbula. Após serem secas, as amostras foram submersas em éter etílico por 24 horas para a remoção total da gordura. Após 30 minutos de repouso para evaporação do éter, os ossos foram secos em estufa a 65°C por 24 horas e pesados em balança de precisão de 0,0001 g. As tíbias esquerdas foram colocadas em uma mufla a 600°C para quantificação dos teores de resíduo mineral (RM), cálcio (Ca) e fósforo (P) segundo a metodologia da AOAC (1995). Após o processamento as tíbias da perna direita foram armazenadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira da Universidade Federal do Paraná - UFPR para realizar a análise de resistência óssea utilizando o aparelho EMIC modelo DL1000<sup>®</sup>, aplicando-se uma força perpendicular a uma velocidade de 5 mm/min. com um cutelo cilíndrico de 30 mm de diâmetro no ponto médio entre as epífises dos ossos, sendo que foi padronizado em função do menor osso um vão de 41 mm avaliando assim a força máxima para o completo rompimento do osso.

As digestibilidades dos nutrientes foram determinadas pelo método da digestibilidade ileal. Foi utilizada uma fonte de sílica, Celite, adicionada a todas as dietas experimentais, à proporção de 0,5% como indicador indigestível. No 35º dia de idade, seis aves por tratamento (uma ave por repetição) foram alojadas nos respectivos boxes dos tratamentos e receberam as dietas experimentais com a adição do Celite. As aves permaneceram por sete dias em adaptação às rações. Os animais foram estimulados a consumir ração, e, duas horas após esse procedimento, foram eutanasiadas (42 dias de idade), para evitar que o segmento

do íleo coletado apresentasse conteúdo intestinal insuficiente. Imediatamente após o abate, o íleo foi exposto por incisão abdominal e um segmento de aproximadamente 20 cm, quatro centímetros da junção íleo-cecal, foi removido, e o seu conteúdo recolhido em recipiente de plástico identificado por tratamento e repetição.

Após a coleta, as digestas foram congeladas. O descongelamento foi realizado à temperatura ambiente, e as amostras homogeneizadas, pesadas, em seguida foram moídas em micromoinho e, juntamente com as amostras de ração, encaminhadas ao laboratório de nutrição animal da UFPR. Nas amostras de digesta e de rações, foram determinados os teores dos minerais cálcio (Ca) e fósforo (P), além da determinação da cinza insolúvel ácida (CIA).

A cinza insolúvel ácida (CIA), fração indigerível presente nas dietas e digesta foi determinada pela metodologia de Van Keulen & Young (1977), citados por Santos (2005). Com os resultados laboratoriais, foram determinados os coeficientes de digestibilidade (CD) dos minerais cálcio e fósforo, de acordo com a fórmula:

Exemplo para Coeficiente de Digestibilidade do cálcio (Ca):

Fator de Indigestibilidade (FI) = CIA dieta/CIA fezes

CD Matéria Seca (CDMS) =  $(1 - FI) \times 100$

$CDCa = \frac{(Ca \text{ da dieta} - (Ca \text{ das excretas} \times FI))}{Ca \text{ da dieta}} \times 100$

Ca da dieta

Obs.: O cálcio e o fósforo foram corrigidos para MS.

As médias de todas as variáveis foram avaliadas por meio de modelos de regressão polinomial ou descontínuo - LRP (*Linear Response Plateau*),

considerando-se na escolha do modelo, o melhor ajuste obtido para cada variável respeitando a interpretação biológica dos dados, ou seja, a opção por um modelo ou outro, foi efetuada em função das respostas para cada variável, optando-se por um modelo estatístico que mais explique o fenômeno ocorrido em cada situação avaliada.

A enzima utilizada foi a Ronozyme Hiphos<sup>®</sup> (M), na forma microgranulada. Esta enzima possui o sítio ativo 6-phytase (E.C. 3.1.3.26), sendo obtida por fermentação fúngica (*Aspergillus Oryzae*) e foi adicionada nas quantidades de 1000 FYT/kg de ração. A unidade FYT é definida pelo fabricante como a quantidade de enzima que catalisa a liberação de 1μMOL de fósforo inorgânico por minuto a partir de 5,1 nM de fitato de sódio em pH 5,5 a 37°C.

Tabela 1 - Composição Nutricional Calculada e Analisada das Dietas com Diferentes Níveis de Fósforo Disponível para Frangos de Corte com Idade entre 22 e 42 dias de idade.

Ingredientes (%)	Tratamentos				
	1 0,10% Pd	2 0,17% Pd	3 0,24% Pd	4 0,31% Pd	5 0,38% Pd
Milho	62,72	62,72	62,72	62,72	62,72
Farelo de Soja	29,70	29,70	29,70	29,70	29,70
Óleo de Soja	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32
Fosfato Bicálcico	0,00	0,36	0,75	1,13	1,52
Calcário Calcítico	0,14	0,26	0,37	0,53	0,59
Sal	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
DL-Metionina	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
L-Lisina	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
L-Treonina	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Fitase	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Premix Mineral <sup>1</sup>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Premix Vitamínico <sup>2</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Inerte	1,98	1,49	0,99	0,45	0,00
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Composição Nutricional Calculada					
EM Aves (kcal/kg)	3200	3200	3200	3200	3200
Proteína Bruta (%)	19,10	19,10	19,10	19,10	19,10
Lisina Dig. Aves (%)	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
Metionina Dig. Aves (%)	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Met+Cistina Dig. Aves (%)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Treonina Dig. Aves (%)	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
Triptofano Dig. Aves (%)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Gordura Bruta (%)	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90
Fibra Bruta (%)	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
Sódio (%)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Cloro (%)	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Pdisp.(%)	0,10	0,17	0,24	0,31	0,38
Cálcio(%)	0,20	0,34	0,48	0,62	0,76
Composição Nutricional Analisada					
Umidade (%)	11,01	10,92	11,05	10,87	10,77
Proteína Bruta (%)	19,1	18,06	18,5	19,84	19,83
Resíduo Mineral (%)	5,20	4,63	4,85	4,58	4,26
Cálcio (%)	0,31	0,66	0,43	0,84	0,84
Fósforo (%)	0,37	0,45	0,39	0,53	0,55

Conteúdo/Kg de Ração:1- 160g Óxido de Mangânes, 100g Sulfato de Ferro, 20g Sulfato de Cobre, 2000mg Sulfato de Cobalto, 2000g Iodato de Cálcio, 100g Óxido de Zinco; 2- Pantonenato de Cálcio, Selenito de Sódio, Biotina, Ácido Fólico, Vitaminas (A, K3, E, D3, B1, B2, B12,B6 e Niacina).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de desempenho zootécnico, características ósseas e coeficiente de digestibilidade das aves encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Consumo de ração, ganho de peso, índice de conversão alimentar, consumo de fósforo disponível, resistência óssea, teor de resíduo mineral, teor de cálcio e fósforo da tíbia, coeficiente de digestibilidade ileal do cálcio (CDCa) e do fósforo (CDP) de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fósforo disponível e fitase.

	Níveis de Fósforo Disponível (%)					CV (%)
	0,10	0,17	0,24	0,31	0,38	
Desempenho Zootécnico						
<sup>1</sup> Consumo de Ração (g)	2992	3242	3169	3157	3147	3,63
<sup>2</sup> Ganho de Peso (g)	1778	2051	2044	2034	2045	4,56
<sup>3</sup> Conversão Alimentar	1,68	1,58	1,55	1,55	1,54	3,62
<sup>4</sup> Consumo de Fósforo Disponível (g)	2,99	5,51	7,60	9,79	11,96	5,02
Características Ósseas						
<sup>5</sup> Resistência Óssea (kgf)	16,3	14,9	18,1	20,5	24,8	15,43
<sup>6</sup> Resíduo Mineral (%)	35,15	39,32	39,93	41,37	43,25	4,98
<sup>7</sup> Cálcio (%)	13,51	15,88	15,96	16,74	17,56	5,20
<sup>8</sup> Fósforo (%)	6,97	7,19	7,46	7,33	7,92	4,64
Coeficiente de Digestibilidade Ileal						
<sup>9</sup> CDCa	77,34	70,37	63,16	65,89	57,98	10,96
<sup>10</sup> CDP	86,85	74,23	59,01	65,03	55,17	7,88

Kgf=Quilograma força; g=gramas.

<sup>1</sup> Consumo de Ração =  $2,74 + 3,52x - 6,67x^2$  (R=0,60)

<sup>2</sup> Ganho de Peso =  $1,36 + 4,09x$  (reta); (Platô=2040g; nível de fósforo=0,16)

<sup>3</sup> Conversão Alimentar =  $1,83 - 1,51x$  (reta); (Platô=1,54; nível de fósforo=0,19)

<sup>4</sup> Consumo de Fósforo Disponível =  $1,97 - 4,32x$  (R=0,99)

<sup>5</sup> Resistência Óssea =  $18,52 - 41,12x + 153,04x^2$  (R=0,97)

<sup>6</sup> Resíduo Mineral =  $33,55 + 26,07x$  (R=0,91)

<sup>7</sup> Cálcio =  $12,86 + 12,89x$  (R=0,87)

<sup>8</sup> Fósforo =  $6,68 + 2,91x$  (R=0,82)

<sup>9</sup> CDCa =  $87,37 - 118,06x + 117,37$  (R=0,88)

<sup>10</sup> CDP =  $111,57 - 290,79x + 389,89x^2$  (R=0,89)

Segundo Morris (1983), o ajuste de dados pelo *Linear Response Plateau* (LRP) em casos especiais como em alguns processos biológicos, pode proporcionar o bom ajuste estatístico, mas frequentemente subestima a dose ótima. Além disso, o

modelo considera resposta decrescente que pode ocorrer, quando se utiliza níveis mais altos de determinado nutriente. O autor ainda afirma que o uso do modelo quadrático pode não proporcionar um bom ajuste dos dados, causando falsa segurança, uma vez que a curvatura é muito sensível a variações no intervalo dos tratamentos.

Por outro lado, Sakomura & Rostagno (2007) ao avaliarem níveis de lisina sobre a conversão alimentar de pintos de um dia da linhagem Isa Label, determinaram que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou em comparação aos modelos LRP, LRP mais quadrático e exponencial, em uma situação parecida com que ocorreu na variável consumo de ração do presente estudo, com isso, considerou-se que o modelo que mais se ajustou para esta variável foi o polinomial quadrático, uma vez que nesta situação o modelo LRP, subestimou principalmente o nível de 0,17% de Pd (Figura 1).

O consumo de ração das aves aumentou de forma quadrática até o nível de Pd de 0,26% ( $P < 0,05$ ) (Figura 1). O valor estimado pelo modelo quadrático é similar ao encontrado por Santos et al. (2011), que ao reduzirem os níveis de Pd de 0,36 para 0,26% utilizando 500 FTU de fitase, não encontraram diferença estatística para esta variável, em comparação a uma dieta com níveis nutricionais recomendados para frangos de corte com idade entre 22 e 35 dias. Apesar de valores de exigência nutricional normalmente oscilarem em função de composição nutricional das dietas, inter-relações de nutrientes, modelos estatísticos entre outros fatores (LIMA, 1995), observa-se com a suplementação enzimática (1000 FYT) o consumo de ração das aves foi estimado com um nível de Pd próximo ao encontrado em estudos similares, demonstrando que com suplementação da fitase o nível de fósforo pôde ser reduzido sem, no entanto, prejudicar a ingestão de ração.



O consumo máximo, estimado pelo modelo quadrático foi de 3210 g de ração (Figura 1). Para o LRP, o platô foi alcançado ao nível de 0,11% ( $P < 0,05$ ) com as aves consumindo 3178 g de ração. O nível 0,17% de Pd avaliado apresentou um consumo de ração 32 g e 64 g acima dos valores estimados (0,26 e 0,11% de Pd respectivamente), evidenciando que mesmo comparando as respostas a ambos os valores estimados, apesar de o modelo quadrático ser considerado o mais ajustado, o nível de fósforo avaliado manteve um consumo de ração acima das estimativas. Este incremento, talvez possa ter ocorrido nas aves como uma tentativa de minimizar uma possível deficiência nutricional (TEJEDOR et al., 2001), das aves que receberam essas dietas.

O efeito da fitase sobre o consumo de ração em dietas com baixos níveis de Pd foi demonstrado por Viveros et al. (2002). Os autores verificaram que o consumo de ração aumentou nos menores níveis de fósforo utilizados (0,27% e 0,14%) mesmo com adição de fitase, o que talvez possa ter ocorrido neste trabalho, com o nível de 0,17%, que refletiu em um consumo de ração acima das estimativas. Isso talvez possa demonstrar a capacidade da suplementação enzimática em dietas com níveis reduzidos de Pd em manter um consumo de ração elevado, no entanto, Viveros et al. (2002) alertaram sobre a importância de se avaliar a fase de produção para determinar o melhor nível de redução do mineral sobre o consumo.

Já os animais submetidos a uma dieta com o menor nível de Pd 0,10%, consumiram 218 g de ração a menos que o nível estimado pelo modelo quadrático (3210 g). Este resultado está de acordo com vários autores que encontraram os menores valores de consumo de ração com os menores níveis de Pd avaliados, utilizando (LAURENTZ et al., 2009) ou não (GOMES et al., 1994; GOMES et al., 2004) suplementação de fitase. Laurentz et al. (2009), por exemplo, ao reduzirem

em 58% a suplementação de Pd utilizando 500 e 1000 FTU de fitase, encontraram os menores valores de consumo de ração em frangos de corte aos 42 dias de idade.

De acordo com Parmer et al. (1987), há redução no consumo de ração quando são usadas dietas com níveis reduzidos de Pd (0,05% e 0,10%). Os autores explicam que a deficiência do mineral pode prejudicar o desempenho das aves, principalmente pela redução no consumo de ração, e também pela redução da síntese e liberação de hormônio de crescimento e da tireoide, principalmente T3 (triiodotironina).

As aves que receberam dietas contendo 0,24%, 0,31% e 0,38% de Pd consumiram 3169 g, 3157 g e 3147 g de ração respectivamente, em 22 dias (Tabela 2). Gomes et al. (1994) e Gomes et al. (2004) não encontraram diferença entre os maiores níveis de fósforo avaliados (0,32; 0,47 e 0,62%) e (0,33; 0,42; 0,51 e 0,60%), respectivamente, evidenciando que o excesso de fósforo não prejudicou o consumo de ração em frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade. Sendo assim, os níveis 0,24, 0,31 e 0,38% de Pd avaliados no presente estudo, possivelmente não foram suficientes para conseguirem um nível tóxico ou prejudicarem a absorção de outros minerais ao ponto de diminuir drasticamente o consumo de ração.

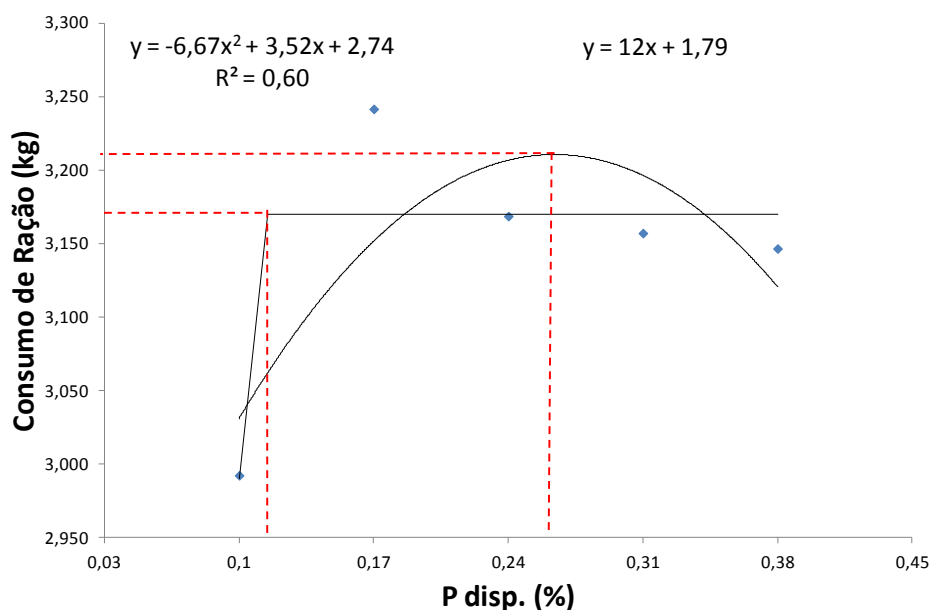


Figura 1 – Representação gráfica do consumo de ração (kg) de frangos de corte de 22 aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.

O modelo polinomial quadrático estimou um ganho de peso ( $P < 0,01$ ) de 2083 g ao nível de 0,28% de Pd (Figura 2). Entretanto, o modelo que mais se ajustou para ganho de peso foi o LRP, estimando em 0,16% o nível de Pd na dieta ( $P < 0,0001$ ), valor a partir do qual o ganho de peso (2040 g) permaneceu em um platô. Essas estimativas corroboram com Gatti et al. (2008) que apontaram que modelos quadráticos superestimam a dose ótima, enquanto que o LRP tende a subestimar esses valores (Figura 2).

As aves que foram alimentadas com dietas contendo 0,10% de Pd tiveram um ganho de peso 262 g menor (Tabela 2) do que o platô estimado e 305 g menor do que o valor estimado pelo modelo quadrático, isso se deu possivelmente em função do baixo consumo de ração, bem como a deficiência do mineral na dieta, corroborando com Laurentz et al. (2009), que verificaram os piores resultados para ganho de peso em frangos dos 22 aos 35 dias com o menor nível de fósforo

avaliado, muito embora o autor explique que essa redução no ganho de peso depende da idade e do nível de fósforo avaliado.

O ganho de peso para o nível de Pd de 0,17% foi de 2051g (Tabela 2), já o platô (2040 g) foi estimado pelo LRP com 0,16% de Pd. Yan et al. (2001) ao realizarem um estudo com variação dos níveis de Pd, utilizando este mesmo período, encontraram maior ganho de peso utilizando fitase em rações para frangos reduzindo os níveis do mineral em até 0,15%, valor a partir do qual permaneceu em um platô, dados semelhantes aos resultados encontrado para o nível de 0,17% avaliado e o valor estimado de 0,16%.

Diversos estudos têm demonstrado o efeito da fitase sobre ganho de peso em frangos de corte alimentados com rações contendo baixas quantidades de fósforo (VIVEIROS et al., 2002; LELIS et al., 2009; AURELI et al., 2011; RUTHERFURD et al., 2012). O aumento no ganho de peso com o uso de 0,17% de Pd pode ter sido reflexo do alto consumo de ração das aves que receberam essa dieta. Além disso, aves consumindo baixos níveis de fósforo e cálcio inorgânico, possuem maior capacidade para hidrolisar o fitato do que aquelas que recebem níveis mais altos (DENBOW et al., 1995).

Para os demais níveis avaliados (0,24, 0,31 e 0,38%), o ganho de peso seguiu a mesma tendência do consumo de ração, com respostas muito próximas ao nível estimado pelo modelo LRP, não sendo observado efeito antagônico à medida que se aumentam os níveis de fósforo neste intervalo avaliado.

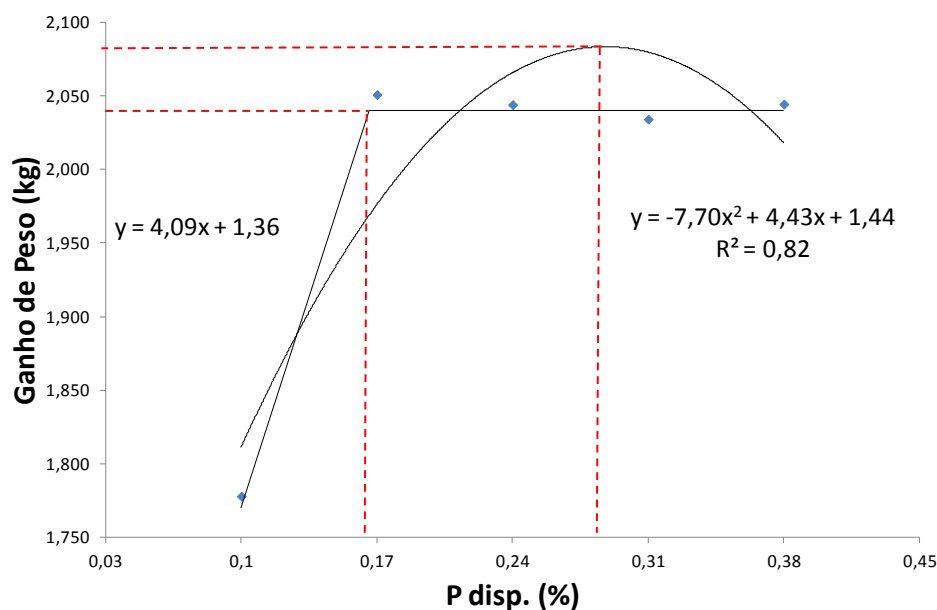


Figura 2 – Representação gráfica do ganho de peso (kg) de frangos de corte de 22 aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.

A conversão alimentar melhorou de forma quadrática ( $P < 0,05$ ) até o nível de 0,31% de Pd, no entanto, assim como o ganho de peso, o modelo que mais se ajustou aos dados foi o LRP, com o nível de fósforo estimado em 0,19% ( $P < 0,0001$ ) onde permaneceu em um platô (Figura 3). Este efeito positivo sobre a conversão alimentar, possivelmente se deu em função dos benefícios gerados pelos níveis de fósforo e a suplementação da fitase sobre o consumo de ração e o ganho de peso. Também Laurentz et al. (2009), encontraram efeitos positivos sobre a conversão alimentar de frangos recebendo baixos níveis de Pd suplementados com fitase, entretanto, o menor nível avaliado foi de 0,17% de Pd.

Yan et al. (2001) ao suplementarem dietas com fitase, estimaram a melhor conversão alimentar em 0,10% de Pd, enquanto que a mesma dieta sem a suplementação da enzima foi estimada em 0,16%.

Os menores níveis de Pd avaliados (0,10 e 0,17%) geraram uma conversão alimentar 8,33% e 2,53%, respectivamente, maior que o platô estimado. Como as

aves que receberam as dietas com os maiores níveis de Pd (0,24%; 0,31% e 0,38%) tiveram um consumo de ração e ganho de peso próximo às estimativas, e aquelas que foram alimentadas com o menor nível (0,10%) tiveram um consumo de ração e ganho de peso abaixo dessas estimativas, talvez isso seja reflexo da baixa capacidade das aves que receberam essas dietas (0,10%) em aumentar o ganho de peso e o consumo de ração, ou manter o consumo e aumentar o ganho de peso, o que levaria a uma melhor conversão alimentar.

Com relação às rações com nível de 0,17% de Pd, o fato de estes animais terem consumido uma quantidade de ração acima das estimativas avaliadas, e terem apresentado um ganho peso muito próximo dessas estimativas, conforme pode ser observado nas Figuras 1 e 2, pode ter sido o principal motivo pela conversão alimentar ter se mantido acima do valor estimado para esta variável. Além disso, as aves tiveram um baixo consumo de fósforo, apesar de o consumo de ração ter sido considerado alto, também, a atividade da fitase pode ser influenciada por alguns fatores, como os níveis de cálcio e fósforo inorgânico da dieta (SANTOS et al., 2011), podendo gerar variação nas diferentes variáveis de desempenho zootécnico.

Já a conversão alimentar das aves que receberam as dietas contendo 0,24, 0,31 e 0,37% de Pd, foi de 1,55; 1,55 e 1,54, respectivamente, valores próximos ao valor estimado pelo LRP (1,54) (Tabela 2), o que também ocorreu nas variáveis ganho de peso e consumo de ração.

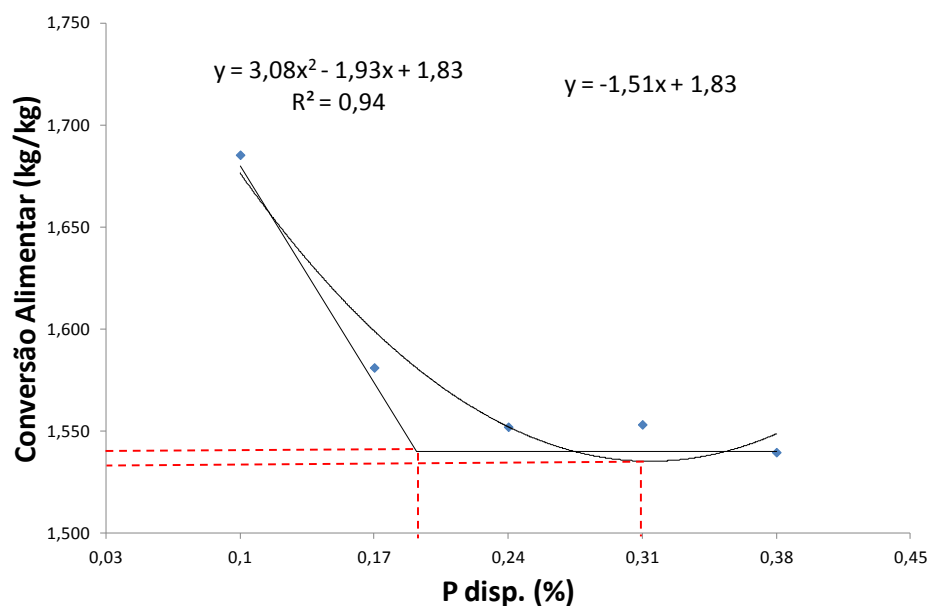


Figura 3 – Representação gráfica da conversão alimentar de frangos de corte de 22 aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.

O consumo de Pd aumentou linearmente ( $P < 0,0001$ ) com o aumento dos níveis de Pd das dietas (Figura 4). Este aumento possivelmente se deve ao aumento das quantidades de fosfato bicálcico adicionado as dietas, que variaram 0,00% para 1,52% de inclusão.

O aumento linear no consumo Pd está de acordo com o relatado por Dhandu & Angel (2002), que observaram resultados semelhantes para desempenho zootécnicos de frangos de corte entre 32 e 42 dias, recebendo dietas com níveis de Pd variando de 0,15 para 0,31%. Os autores comentam que como o consumo de ração foi semelhante, o Pd consumido aumentou a concentração de fósforo na dieta, assim como ocorreu nos níveis de 0,24, 0,31 e 0,38% avaliados no presente estudo, e que representaram, principalmente, valores de conversão alimentar muito similares ao estimado.

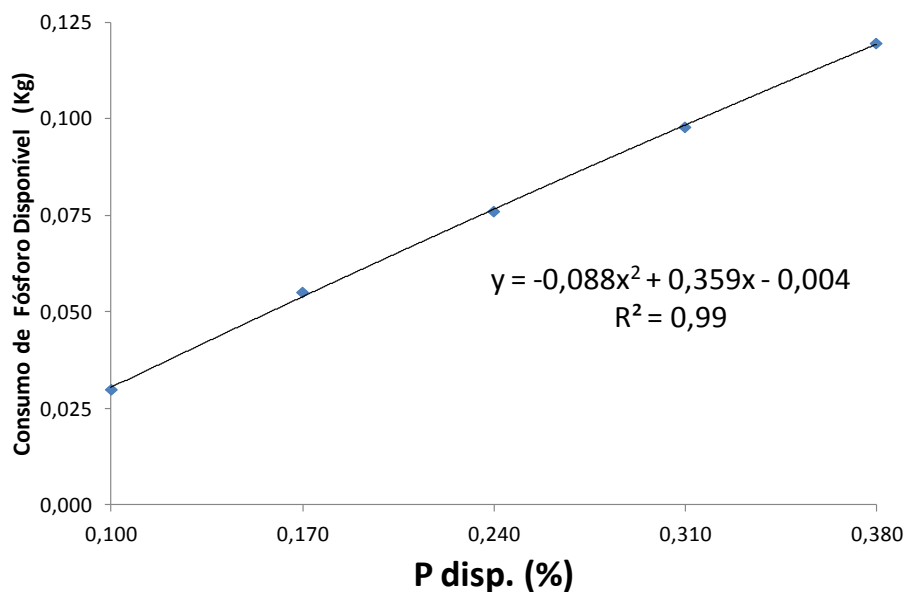


Figura 4 – Representação gráfica do consumo de fósforo disponível (kg) de frangos de corte de 22 aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.

Os teores de resíduo mineral, cálcio e fósforo da tíbia aumentaram de forma linear ( $P < 0,0001$ ;  $P < 0,0001$ ;  $P = 0,0001$  respectivamente).

Respostas similares para o aumento nos teores de resíduo mineral da tíbia de frangos de corte, aos 42 dias, recebendo fitase foram encontrados por Yan et al. (2001), quando utilizaram rações com os níveis de Pd variando de 0,15 para 0,45%. Também Dhandu & Angel (2003) verificaram aumento nos teores de cinzas da tíbia de frangos de corte recebendo dietas com níveis de Pd variando de 0,15 para 0,31% e, similarmente com o que foi encontrado no presente estudo, o consumo de Pd também aumentou a medida de que esses níveis foram aumentados. Entretanto, os pesquisadores não encontraram diferença para a resistência óssea, explicando que os teores de minerais são parâmetros mais sensíveis do que a resistência óssea, uma vez que apresentaram valores de relação de “F” maiores.



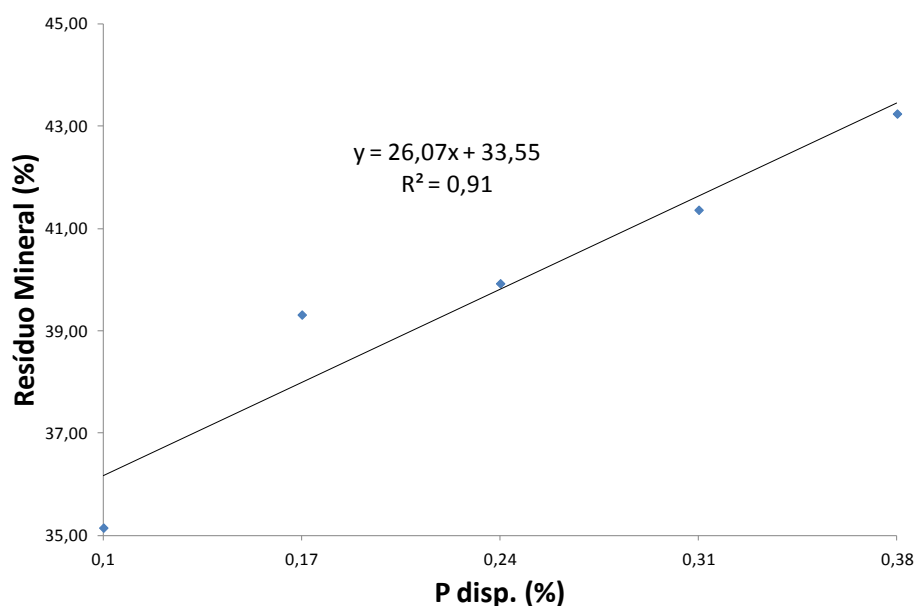


Figura 5 – Representação gráfica dos teores de resíduo mineral da tíbia de frangos de corte de aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.

Schoulten et al. (2003) ao avaliarem a inclusão crescente de cálcio em dietas suplementadas com fitase para frangos de corte, sobre a deposição óssea, não encontraram variações nos teores de cinzas, cálcio e fósforo.

Santos (2005) ao reduzir os níveis de energia metabolizável, proteína bruta, lisina, cálcio e Pd em dietas para frangos de corte encontraram redução nos teores de cálcio e fósforo da tíbia destes animais aos 42 dias de idade, no entanto, com a suplementação de fitase a deposição de cálcio e fósforo no osso foi melhorada. O autor sugere que alguns resultados contraditórios da literatura, como o encontrado por Schoulten et al. (2003), podem ocorrer em função de diversos fatores, como níveis de mineral e de enzima adicionados na dieta, ingredientes da ração, idade da ave entre outros.

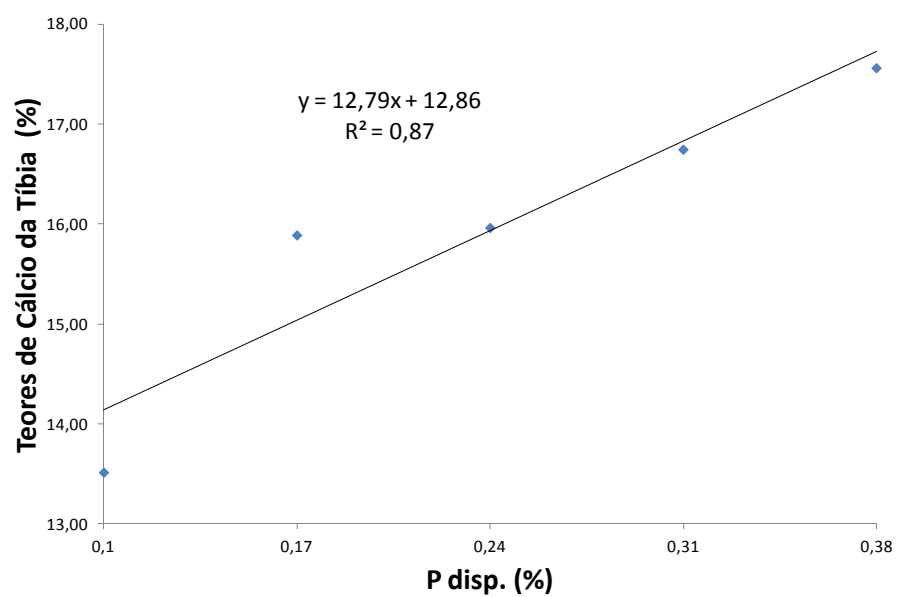


Figura 6 – Representação gráfica dos teores de cálcio da tíbia de frangos de corte de aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.

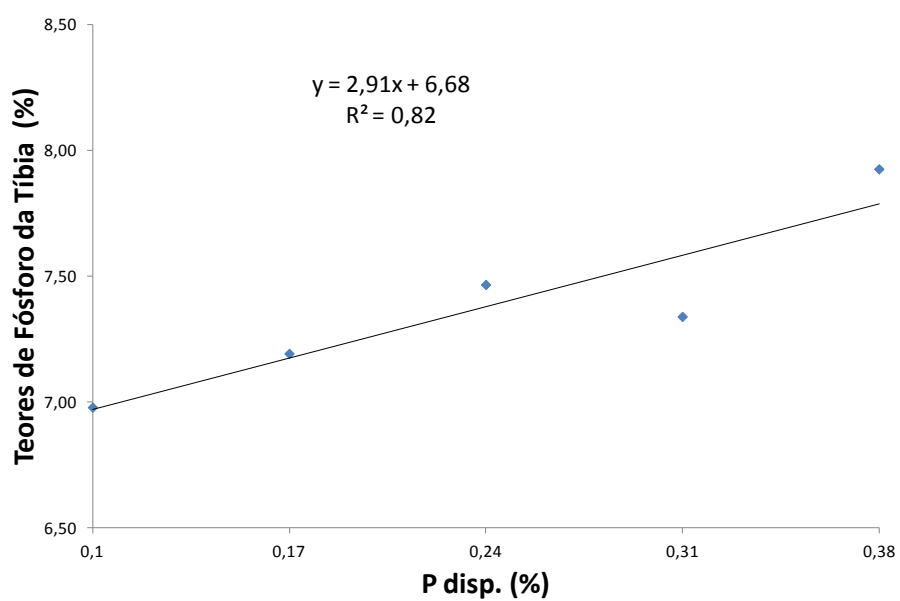


Figura 7 – Representação gráfica dos teores de fósforo da tíbia de frangos de corte de aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.

A resistência óssea aumentou de forma quadrática ( $P < 0,0001$ ) à medida que se aumentou os níveis de fósforo da dieta, tendo como o menor nível estimado em 0,13% de Pd, (Figura 8).

Gomes et al. (2004) encontraram aumento quadrático na resistência óssea em frangos de corte com idade entre 22 e 42 dias para os níveis que variaram de 0,15 e 0,42% de Pd. El-Sherbiny et al. (2010) ao reduzirem 75% da utilização de fosfato bicálcico em dietas para frangos tiveram a resistência, os teores de cálcio e fósforo da tíbia incrementados pela suplementação de 500 FTU de fitase.

Os resultados de características ósseas, possivelmente são reflexos do aumento linear de consumo de fósforo disponível (Figura 4). O aumento linear dos níveis de Pd ligado à suplementação de fitase sobre os teores de cálcio e fósforo dos ossos, talvez tenha refletido no aumento quadrático da resistência óssea, uma vez que o tecido ósseo, que confere sustentação a ave, é composto principalmente por esses minerais (DUKES et al., 1993).

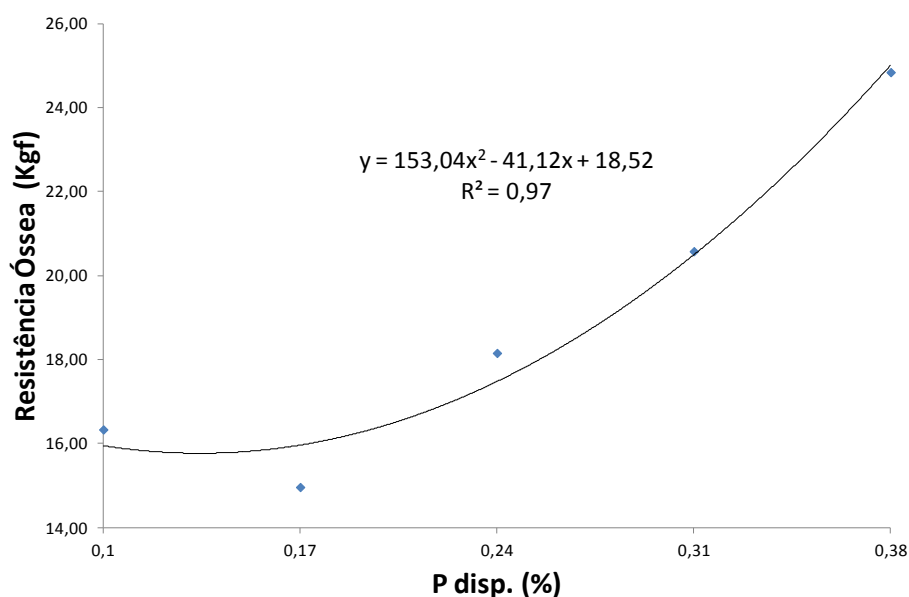


Figura 8 – Representação gráfica da resistência óssea da tíbia de frangos de corte de aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.

As estimativas de exigência de Pd com a suplementação de fitase foram menores para o desempenho zootécnico, do que para as características ósseas avaliadas, uma vez que para o consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, os modelos considerados mais ajustados estimaram 0,26, 0,16 e 0,19% de Pd respectivamente, e que para a resistência óssea, teores de resíduo mineral, cálcio e fósforo da tíbia houve aumento quadrático e linear à medida que os níveis de fósforo variaram de 0,10% para 0,38%.

Estes resultados corroboram com Yan et al. (2001) e Dhandu & Angel (2003) os quais explicaram que normalmente as exigências de Pd para características ósseas são maiores do que para desempenho zootécnico. Sohail & Roland (1999) também explicaram que as características ósseas são parâmetros mais sensíveis que o desempenho zootécnico para avaliar-se o efeito da fitase, o que talvez possa explicar o porquê de os resultados encontrados terem sido mais pronunciados para estas características no presente estudo.

Os coeficientes de digestibilidade do cálcio e do fósforo aumentaram de forma linear e quadrática ( $P=0,0001$ ;  $P<0,0001$ ), respectivamente, conforme se diminuíram os teores de Pd das dietas, contrariamente com o que aconteceu nas demais variáveis avaliadas, o que pode ter ocorrido por haver menor teor de cálcio e fósforo no trato gastrointestinal (TEJEDOR et al., 2001), facilitando a absorção no intestino delgado.

Alguns relatos também apontam que quando nutrientes como o fósforo, são limitantes, mais fósforo pode ser mantido no trato gastrintestinal para manter as funções fisiológicas (VIVEROS et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2009). Além disso, a eficiência da absorção do fósforo intestinal pode ser regulada de forma ascendente durante períodos de deficiência de fósforo, uma vez que a produção renal da 1,25-

diidroxivitaminada D é diretamente estimulada pelos níveis muito baixos do fósforo plasmático (DUKES et al., 1993) a qual provavelmente deve ser menor nos animais que receberam as dietas com menos Pd, apesar de não ter sido mensurada.

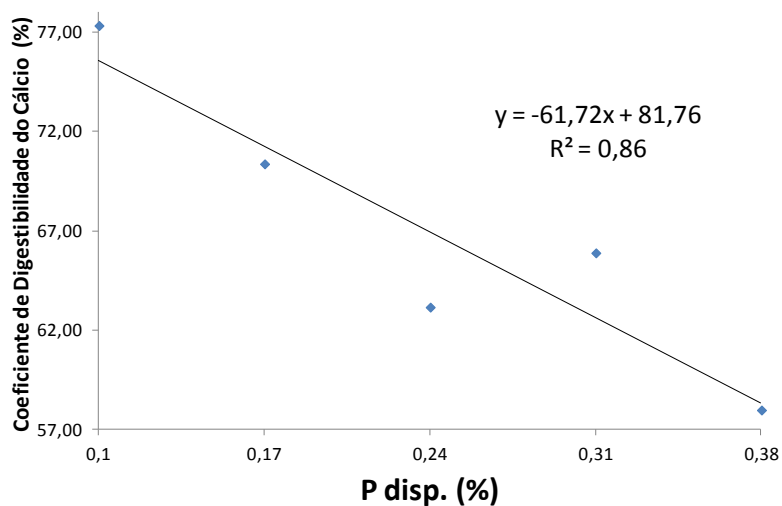


Figura 9 – Representação gráfica do coeficiente de digestibilidade do cálcio de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.

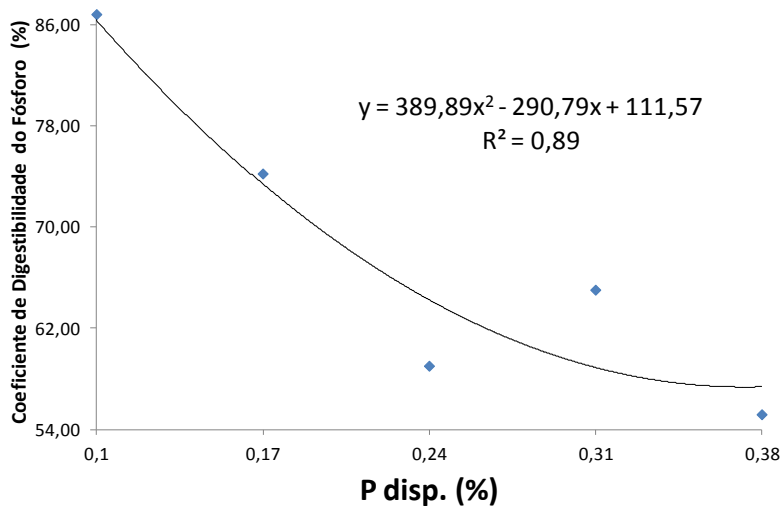


Figura 10 – Representação gráfica do coeficiente de digestibilidade do fósforo de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fósforo disponível.

## 4 CONCLUSÃO

Frangos de corte alimentados com rações com 0,24% de fósforo disponível durante o período de 22 a 42 dias, mantém seu desempenho zootécnico e as características ósseas, quando é utilizando a enzima fitase 1000 FYT.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Association of Official Analytical Chemists-AOAC.** Official methods of the association of the agricultural chemists. 16.ed. p.1230, 1995.

AURELI, R. et al. **The Efficacy of a Novel Microbial 6-Phytase Expressed in *Aspergillus Oryzae* on the Performance and Phosphorus Utilization in Broiler Chickens.** Poultry Science. v.2. p.160-168, 2011.

BELLAVER, C. et al. **Qualidade e Padrões de Ingredientes para Rações.** Global Feed & Food Congress. São Paulo-SP, 2005.

DENBOW, D.M. et al. **Improving Phosphorus Availability in Soybean Meal for Broilers by Supplemental Phytase.** Poultry Science. v. 74. p.1831-1842, 1995.

DHANDU, A.S.; ANGEL, R. **Broiler Nonphytin Phosphorus Requirement in the Finisher and Withdrawal Phases of a Commercial Four-Phase Feeding System.** Poultry Science. v.82. p.1257-1265, 2003.

DUKES. **Fisiologia do Animais Domésticos.** p.470. 11.ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro-RJ, 1993.

EL-SHERBINY, A.E. et al. **Performance, Bone Parameters and Phosphorus Excretion of Broilers Fed Low Phosphorus Diets Supplemented With Phytase From 23 to 40 days of Age.** International Journal of Poultry Science. v.9. n.10, 2010.

GATTI, F.C. et al. **Determinação das Exigências para Poedeiras Comerciais em Produção**. Faculdade de ciências agrárias e veterinárias - Campus Jaboticabal, Jaboticabal-SP, 2008.

GOMES, P.C. et al. **Exigência de Fósforo Disponível para Frangos de Corte nas Fases de Crescimento e Terminação**. Revista Brasileira de Zootecnia. v.23. n.4. p.615-622, 1994.

GOMES, P.C. et al. **Exigência de Fósforo Disponível para Frangos de Corte Machos e Fêmeas de 22 a 42 e de 43 a 53 Dias de Idade**. Revista Brasileira de Zootecnia. v.33. n.6. p.1734-1746, 2004.

LAURENTZ, A. C. et al. **Desempenho, Composição da Cama, das Tíbias, do Fígado e das Excretas de Frangos de Corte Alimentados com Rações Contendo Fitase e Baixos Níveis de Fósforo**. Revista Brasileira de Zootecnia. v.38. n.10. p.1938-194, 2009.

LELIS, G.R. et al. **Suplementação Dietética de Fitase em Dietas para Frangos de Corte**. Revista Eletrônica Nutritime. v.6. n.2. p.875-889, 2009.

LIMA, I.L. **Disponibilidade de Fósforo e de Flúor de Alguns Alimentos e Exigência Nutricional de Fósforo para Frangos de Corte**. Tese de Doutorado em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa. p.12. Viçosa-MG, 1995.

MORRIS, T.R., **The Interpretation of Response Data From Animal Feeding Trials**. Rec. Adv. Anim. Nutr. v.6. p.1-11, 1983.

OLIVEIRA, M.C. et al. **Fitase em Dietas com Níveis Reduzidos de Fósforo Não-Fítico para Frangos de Corte**. Revista Biotemas. v.4. p.169-176, 2009.

PARMER, T.G., CAREW, L.B., LASTER, F.A. **Thyroid Function, Growth Hormone, and Organ Growth in Broilers Deficient in Phosphorus**. Poultry Science. v.66. p.1995-2004, 1987.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos (Tabelas Brasileiras)**. Universidade Federal de Viçosa. p.186, Viçosa – MG, 2011.

RUTHERFURD, S.M. et al. **Effect of a Novel Phytase on Growth Performance, Apparent Metabolizable Energy, and The Availability of Minerals and Amino Acids in a Low-Phosphorus Corn-Soybean Meal Diet for Broilers**. Poultry Science. v.91. p.1118-1127, 2012.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”-UNESP, p.170-177. Jaboticabal-SP, 2007.

SANTOS, F.R. **Efeito da Suplementação com Fitase Sobre o Desempenho e Digestibilidade de Nutrientes para Frangos de Corte**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus Jaboticabal, 2005.

SANTOS, L.M. et al. **Níveis de Fósforo Disponível e Cálcio em Rações Suplementadas com Fitase para Frangos de Corte nas Fases de Crescimento e Final**. Revista Brasileira de Zootecnia. v.40. n.11. p.2486-2495, 2011.

SHOULTEN, N.A. et al. **Efeito dos Níveis de Cálcio da Ração Suplementada com Fitase Sobre a Deposição de Minerais na Tíbia de Frangos de Corte de 22 a 42 dias de idade**. Revista Ciência e Agrotecnologia. v.27. n.1. p.206-210. Lavras-MG, 2003.

SILVA, J. H. V. et al. **Influência da Interação Fósforo Disponível x Fitase da Dieta Sobre o Desempenho, os Níveis Plasmáticos de Fósforo e os Parâmetros Ósseos de Poedeiras Comerciais**. Revista Brasileira de Zootecnia. v.37. n.12. p.2157-2165, 2008.

SOHAIL, S.S.; ROLAND, D.A. **Influence of Supplemental Phytase on Performance of Broilers Four to Six Weeks of Age**. Poultry Science. v.78. p.550-555, 1999.

TEJEDOR, A.A., et al. **Efeito da Adição da Enzima Fitase Sobre o Desempenho e a Digestibilidade ileal de Nutrientes**. Revista Brasileira de Zootecnia. v.30. n.3. p.802-808, 2001.



VIVEIROS, A. et al. **Effects of Microbial Phytase Supplementation on Mineral Utilization and Serum Enzyme Activities in Broiler Chicks Fed Different Levels of Phosphorus.** Poultry Science. v.81. p.1172-1183, 2002.

YAN, F.; KERSEY, J.H.; WALDROUP, P.W. **Phosphorus Requirements of Broiler Chicks Three to Six Weeks of Age as Influenced by Phytase Supplementation.** Poultry Science. v.80. p.455-459, 2001.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avicultura de corte é uma atividade de interesse zootécnico que evoluiu muito nos últimos anos, grande parte dessa evolução se deve ao melhoramento genético e melhores condições ambientais de criação das aves. Esse maior desenvolvimento da atividade vem chamando atenção dos ambientalistas, principalmente no sentido de minimizar as quantidades de fósforo excretadas por essas aves, que é considerada como a segunda que mais atinge o meio ambiente, ficando atrás apenas da suinocultura. Entretanto, a atividade gera índices zootécnicos muito promissores em relação aos atingidos no início da produção de carne de frango em escala comercial.

O perfil do frango moderno é muito diferente daquelas primeiras aves destinadas ao abate em meados dos anos 70 e 80. O frango abatido atualmente possui uma carcaça muito mais desenvolvida, principalmente nas regiões do peito e coxa, é mais pesado e possui uma rápida taxa de crescimento, aumentaram-se também suas exigências nutricionais, e conseqüentemente os custos com alimentação.

O maior peso dessas aves ligado ao seu rápido crescimento tornam esses animais muito dependentes de uma estrutura óssea que suporte a maior massa corporal, sendo com isso fundamental a suplementação de minerais que atendam as necessidades nutricionais, principalmente de cálcio e fósforo, que são os principais constituintes ósseos. Assim, a deficiência desses minerais, principalmente nas fases iniciais, está diretamente correlacionada à má formação óssea, compromete o bem-estar animal em função da maior taxa de mortalidade, e leva a prejuízos econômicos, devido ao aumento das taxas de descarte em abatedouros por fraturas durante o carregamento.

Existem relatos na literatura abordando a importância do fornecimento de suplementação de fósforo próximo às exigências para frangos principalmente nos primeiros 21 dias de idade da ave, fase na qual mais desenvolvem sua constituição óssea. A partir dessa idade então, caso essa teoria seja respeitada, o fósforo disponível poderia ser drasticamente reduzido na fase final (22 e 42 dias de idade), desde que uma relação de 2:1 com cálcio seja respeitada, auxiliando nas menores taxas de descarte decorrentes de fraturas antes do abate. Essa talvez possa ser uma estratégia interessante do ponto de vista econômico, considerando-se também que durante a fase final frangos de corte consomem em torno de 75% do que é ingerido durante todo o ciclo produtivo.

A suplementação na ração de aditivos, como a fitase, auxiliam no aumento da disponibilidade do fósforo fítico, presente em dietas a base de ingredientes vegetais para aves, podendo levar a uma redução do fósforo total da dieta, além de agir na menor excreção do mineral principalmente na fase final, período no qual há também maior deposição de excretas na cama aviária.

Pode-se considerar que a fitase na produção atual do frango, é considerada como uma excelente ferramenta no aproveitamento não só do fósforo, mas também de outros nutrientes. Entretanto, os benefícios da sua utilização dependem de uma série de fatores, dentre eles, o nível de cálcio e fósforo suplementado, a concentração de cada enzima, o origem da enzima (fúngica, bacteriana, leveduras), entre outros.

Com relação ao efeito dos níveis de cálcio e fósforo na dieta sobre a suplementação de fitase, uma vez que esses minerais estejam ajustados em uma relação próxima a 2:1 (Cálcio: Fósforo), e enzima pode atuar solubilizando o fitato presente no trato gastrointestinal, porém, em determinadas situações, com

quantidades excedentes principalmente de cálcio na dieta, há formação de sais insolúveis desse mineral com outros minerais no trato digestivo, em contra partida, nessas condições a enzima pode encontrar substrato suficiente para hidrólise e seus efeitos podem ser otimizados, principalmente quando a concentração de enzima é alta. Com isso, as respostas para a suplementação de fitase sobre o nível de cálcio e fósforo suplementado, parecem depender além de outros fatores do tipo de enzima utilizada e de sua concentração.

Outro fator que pode afetar o efeito da suplementação de fitase é a idade da ave. Sabe-se que durante a fase inicial (até os 21 dias) o esqueleto do animal está em pleno crescimento, com isso, a suplementação de fitase nessa idade talvez possa gerar benefícios à ave, pois dentre as suas principais vantagens está a maior disponibilidade de minerais das fontes vegetais das dietas, entretanto, caso a ação da enzima não reflita na hidrólise do fitato, a adição de fitase pode não refletir na otimização do fósforo fítico, gerando deficiência nutricional, pois geralmente nesse caso os níveis de cálcio e fósforo são reduzidos, o que levaria a uma queda no desempenho zootécnico.

Estudos conduzidos para a determinação das exigências de fósforo disponível nas diferentes fases de criação de frangos de corte, são muito importantes para a otimização das respostas de desempenho zootécnico. No entanto, há de considerar que para não haver queda nesses índices, é de suma importância a determinação da exigência de fósforo disponível adequada para as características ósseas, que normalmente são maiores do que para desempenho zootécnico. Sendo assim, com a adequada mineralização óssea, conseqüentemente o desempenho não será afetado.

Os resultados encontrados nas condições experimentais avaliadas da presente dissertação parecem estar de acordo como as teorias discutidas acima. No primeiro estudo o desempenho zootécnico não foi prejudicado principalmente quando foram suplementados uma alta quantidade de enzima, ligada a uma elevada restrição de fósforo disponível, sendo a eficiência da enzima comprovada principalmente na variável resistência óssea daquelas aves. Por outro lado, no segundo experimento quando os animais receberam uma menor suplementação da enzima, a partir dos 21 dias de idade, houve uma maior necessidade de fósforo suplementado. Contudo, certamente, esses resultados só foram encontrados, pois durante as fases iniciais as aves tiveram uma adequada mineralização óssea, apesar de não terem sido mensuradas nesse período.

Em meio a grande concorrência no mercado de produção da carne de frangos de corte, a suplementação de fitase ligada à redução da suplementação de fósforo inorgânico talvez possa ser uma estratégia nutricional interessante. Entretanto, apesar dos inúmeros fatores envolvidos, talvez os resultados encontrados nesse estudo e em recentes publicações nacionais e internacionais possam ser indícios de que a atenção dos nutricionistas deva se voltar a agressivas reduções do nível de fósforo entre 22 e 42 dias de idade, ligadas a suplementação de fitase, com a utilização de dietas muito próxima às exigências nas fases iniciais de produção, como forma de precaução, uma vez que qualquer alteração ação prejudicial na constituição óssea da ave nesse período da vida, compromete o desempenho zootécnico e conseqüentemente as receitas finais.

## **ANEXOS**

Certificado de aprovação do trabalho pela Comissão de Ética no Uso de Animais no Setor de Ciências Agrárias.....	87
---	----



Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias  
Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA SCA

#### CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo no. 017/2012, referente ao projeto “Redução do fosfato em rações para frangos usando fitase”, sob a responsabilidade de Thiago Pereira Ribeiro, na forma em que foi apresentado (uso de 1452 animais), foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias, em reunião realizada dia 09 de outubro de 2012.

#### CERTIFICATE

We certify that the protocol number 017/2012, regarding the project “Reduction of dicalcium phosphate in broilers diets using phytase”, under the charge of Thiago Pereira Ribeiro, in the terms it was presented (use of 1452 animals), was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Agricultural Sciences Campus of the Universidade Federal do Paraná (Federal University of the State of Paraná, Southern Brazil) during session on October 09, 2012.

Curitiba, 09 de outubro de 2012.

Patrick Schmidt  
Presidente

Rosangela Locatelli Ditttrich  
Vice-Presidente

Comissão de Ética no Uso de Animais  
Setor de Ciências Agrárias  
Universidade Federal do Paraná.